



Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

Monografía.

María Fernanda Hurtado Azuaje.

Heberto José Borjas Ostos.

Universidad EAN

Facultad de Administración.

MBA

Bogotá, Colombia

13/ 03/ 2023

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector
manufacturero de Bogotá.

Fuente: de aceptación:

Firma del jurado

Firma del jurado

Firma del director del trabajo de grado

Bogotá, 15/08/2023

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

Monografía.

María Fernanda Hurtado Azuaje.

Heberto José Borjas Ostos.

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Magister en Administración de empresas.

Director (a):

PhD Carmen Elizabeth Chaparro Malaver

Universidad EAN

Facultad de Administración, Finanzas y Ciencias Económicas

Master en Administración de Empresas

Bogotá, Colombia

Marzo, 2023

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

Índice

1	INTRODUCCIÓN	11
1.1	Problema de Investigación	12
1.1.1	Antecedentes del problema:	13
1.1.2	Descripción del problema:.....	14
1.1.3	Pregunta de investigación:.....	16
2	OBJETIVOS.....	16
2.1	Objetivo general.....	16
2.2	Objetivos específicos.....	16
3	JUSTIFICACIÓN.....	17
4	MARCO TEÓRICO	18
4.1	Pymes.....	19
4.1.1	Clasificación del tamaño empresarial:	19
4.2	Sectores más dinámicos de la economía colombiana.....	21
4.2.1	El sector industrial (o manufacturero):	21
4.2.2	El sector de servicios:.....	22
4.2.3	El sector agropecuario:	22
4.3	Estado actual de la creación de Pymes en Colombia.....	22
4.4	Importancia de la Industria Manufacturera en Bogotá, Colombia.....	23
4.5	Sostenibilidad de las Pymes Colombianas.....	26
4.6	Revolución industrial 4.0 (tecnologías 4.0), su impacto en las organizaciones.	36
4.6.1	Industria 4.0.....	37
4.6.2	Características de las organizaciones que implementan tecnologías 4.0 a futuro:	39
4.6.3	Lean Manufacturing.....	41
4.6.4	Tecnologías 4.0. Tecnologías de la cuarta revolución industrial.....	42
4.6.5	Efectos de la cuarta revolución industrial en la gestión de las operaciones.	49
4.6.6	Limitaciones y consecuencias del uso de las tecnologías 4.0	52
5	DISEÑO PRELIMINAR DE LA INVESTIGACIÓN.....	53
5.1	Definición de Variables	55
5.1.1	Definición conceptual.	55
5.1.2	Definición operacional.	57
5.2	Revisión Documental preliminar.....	58
5.2.1	Resultados del análisis de la revisión documental preliminar.....	59
5.3	Encuesta.....	66
6	HIPÓTESIS	70
7	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	70

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

7.1	Fases de la investigación.....	71
7.1.1	Fase 1: Revisión documental	71
7.1.2	Fase 2: Realizar el diagnostico.	71
7.1.3	Fase 3: Evaluar el nivel de utilización.	71
7.1.4	Fase 4: Documentar resultados obtenidos.....	71
7.2	Población y muestra.....	72
7.3	Instrumento: Procedimiento y técnicas.	74
7.3.1	Tipo de estudio.....	74
7.3.2	Técnicas de análisis.....	75
8	TRABAJO DE CAMPO.....	75
8.1	Recolección de la información.	75
8.2	Análisis e interpretación de los resultados.	78
8.2.1	Comunicación	79
8.2.2	Implementación.....	81
8.2.3	Limitantes.....	83
8.2.4	Plan de inversión	84
8.2.5	Comunicación	85
8.2.6	Seguridad de la información.....	87
8.2.7	LEAN.....	89
8.3	Comprobación de la Hipótesis.	90
8.4	Discusión de resultados.	90
9	CONCLUSIÓN.....	93
9.1	Trabajo futuro.	94
10	REFERENCIAS	95
A.	ANEXO. ENCUESTA.....	104

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector
 manufacturero de Bogotá.

Índice de Figuras

Figura 1	<i>Participación de Bogotá en el PIB de Colombia, 2019.</i>	24
Figura 2	<i>PIB de Bogotá con respecto a América latina y el Caribe. (2019)</i>	25
Figura 3	<i>Índice de innovación departamental 2019</i>	25
Figura 4	<i>Comparación costos de productos Colombia vs países. A, Leche, B, Ropa y calzado. C, Vehículo. D, Internet.</i>	28
Figura 5	<i>(A) principales productos de exportación, 2 (B) excluyendo petróleo y minería (2016)</i>	29
Figura 6	<i>Principales mercados de exportación(C). Excluyendo petróleo y minería (D), (2016)</i>	30
Figura 7	<i>Niveles de productividad laboral en Colombia en comparación con OECD y otros países de la región. (2018)</i>	33
Figura 8	<i>¿Porque no exportan las Pymes colombianas?, (2017)</i>	34
Figura 9	<i>Cantidad de empresas que exportaron y no exportaron durante el 2015</i>	34
Figura 10	<i>Revoluciones industriales de los últimos tiempos</i>	36
Figura 11	<i>Características de organizaciones que implementan tecnologías 4.0</i>	41
Figura 12	<i>Industria 4.0</i>	49
Figura 13	<i>Efectos de la industria 4.0 en las empresas.</i>	50
Figura 14	<i>Industria 4.0 y Smart Factory</i>	53
Figura 15	<i>Proceso de filtrado de documentos</i>	61
Figura 16	<i>Relación de términos comunes en la investigación</i>	62

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector
manufacturero de Bogotá.

Figura 17 (a) Clasificación del tipo de empresa según el número de empleado (b) porcentaje correspondiente a el rol o función del encuestado en la empresa.....	77
Figura 18 Pregunta #2. ¿Cuál es el sector de la industria al que pertenece? ...	78
Figura 19 Análisis del nivel de conocimiento de las tecnologías 4.0	80
Figura 20 Tecnologías Implementadas y su necesidad.....	82
Figura 21 Consultas sobre la implementación de tecnologías 4.0: Limitantes (a), beneficios (b) y requerimientos (c)	83
Figura 22 Resultados Pregunta #13.....	85
Figura 23 Análisis de los medios de comunicación y difusión	86
Figura 24 Análisis de las herramientas de analítica y protección de datos	88
Figura 25 Resultados Pregunta #18.....	89

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector
manufacturero de Bogotá.

Índice de Tablas

Tabla 1	<i>Conceptualización y operacionalización de variables</i>	58
Tabla 2	<i>Documentos analizados durante la investigación</i>	59
Tabla 3	<i>Instrumento de recolección de datos en la investigación</i>	60
Tabla 4	<i>Relaciones de variables con publicaciones y modelos de autores</i>	64
Tabla 5	<i>Dimensiones y variables obtenidas</i>	65
Tabla 6	<i>Preguntas de la encuesta que responden a las variables</i>	67
Tabla 7	<i>Validación de instrumento de medición. V de Aiken resultante</i>	69
Tabla 8	<i>Empresas matriculadas y renovadas en Bogotá, 2019</i>	72
Tabla 9	<i>Empresas contactadas y respuestas obtenidas</i>	76

Resumen

La cuarta revolución industrial, ha permitido un aumento considerable en acceso a tecnologías y mejoras que en otros tiempos implicaban grandes inversiones de tiempo y dinero. En la actualidad, las Pymes Colombianas, particularmente del sector manufacturero de Bogotá se enfrentan al avance de las tecnologías 4.0, lo que debería motivarlas a integrarse, adaptarse y mantenerse en continuo desarrollo en función de su sobrevivencia. La razón de esta investigación es conocer y presentar el estado actual de implementación de las tecnologías 4.0 en las industrias Pymes manufactureras de Bogotá con la finalidad de apoyar su desarrollo y servir de base a futuras investigaciones en esta área de la cual existe poca información y estudios relacionados. Para este trabajo de grado, en modalidad monografía, se realizó una investigación mixta, no experimental del tipo exploratorio, tomándose una sola muestra de encuestas y analizando los datos para dar respuesta a las preguntas planteadas. Esta investigación se completó en cuatro fases, en la primera se realiza una revisión documental del estado actual de implementación de las tecnologías 4.0 en la industria Pymes del sector manufacturero de Bogotá, la segunda fase consistió en realizar el diagnostico a través de una encuesta a 390 Pymes manufactureras de Bogotá, la tercera fase consistió en la evaluación del nivel de utilización de estas tecnologías a través del análisis de la información recolectada de la encuesta, barreras, limitaciones encontradas, la cuarta fase consiste en documentar los resultados obtenidos. De las conclusiones resalta que más del 50% de Pymes manufactureras de Bogotá no cuentan con la implementación de ninguna de estas tecnologías, no las considera beneficiosa y encuentra la falta de conocimiento como una de las principales barreras en la implementación, teniendo en cuenta que casi la totalidad de los empleados encuestados comento no tener la capacitación necesaria en las tecnologías 4.0.

Palabras clave: Tecnologías 4.0, Pymes, implementación, barreras, sector manufacturero.

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

Abstract

The fourth industrial revolution has allowed a considerable increase in access to technologies and improvements that once involved large investments of time and money. Currently, Colombian SMEs, particularly in the manufacturing sector of Bogotá, face the advance of 4.0 technologies, which should motivate them to integrate, adapt and maintain continuous development based on their survival. The reason for this research is to know and present the current state of implementation of 4.0 technologies in the manufacturing SMEs of Bogotá in order to support their development and serve as a basis for future research in this area of which there is little information and related studies. For this Thesis project, in monograph mode, a mixed, non-experimental research of the exploratory type was carried out, taking a single sample of surveys and analyzing the data to answer the questions posed. This research was completed in four phases, in the first a documentary review of the current state of implementation of 4.0 technologies in the SME industry of the manufacturing sector of Bogotá, the second phase consisted of making the diagnosis through a survey of 390 manufacturing SMEs in Bogotá, the third phase consisted of the evaluation of the level of use of these technologies through the analysis of the information collected from The survey, barriers, limitations found, the fourth phase consists of documenting the results obtained. The conclusions highlight that more than 50% of manufacturing SMEs in Bogotá do not have the implementation of any of these technologies, do not consider them beneficial and find the lack of knowledge as one of the main barriers in implementation, taking into account that almost all of the employees surveyed commented not having the necessary training in 4.0 technologies.

Keywords: 4.0 Technologies, SMEs, implementation, barriers, manufacturing sector.

1 Introducción

En Colombia, según cifras de la DANE (2019) y la ANIF (2021) las MiPymes representan más de 99% del sector productivo nacional, generan aproximadamente el 79% del empleo y aportan el 40% del PIB de toda Colombia, de estos porcentajes las pequeñas y medianas empresas (Pymes), aportan 65% del empleo y 35% del PIB; estos indicadores destacan la importancia que representan para el desarrollo económico del país en función de agregar dinamismo y competencia, así como el incentivo al emprendimiento. Básicamente, las empresas se enfrentan a continuos cambios externos como mayor competitividad, inestabilidad económica mundial, cambios en los consumidores y mercados, consumidores más exigentes, por lo que deben adaptarse, transformarse y tomar decisiones estratégicas operativas claves para poder mantenerse en el mercado, como indican Drohomeretski et al. (2014) y Järvenpää y Lanz (2020). La denominada 4ta revolución industrial ha permitido un aumento considerable del acceso a tecnologías y mejoras que en otros tiempos implicaban grandes inversiones de tiempo y dinero según Lorenz et al. (2015) y Joyanes (2017).

Las condiciones actuales de las organizaciones a nivel mundial consisten en enfrentarse a las continuas tensiones sociales, el nacionalismo económico y la revolución tecnológica según Bhattacharya, (2020). Esto implica que las empresas que deseen mantenerse en el sector deben a lo sumo adaptarse o innovar y desarrollarse para poder expandirse según la *ANDI*, (2021), Drohomeretski et al. (2014); Järvenpää y Lanz (2020), MINTIC (2020)

La presente monografía da respuesta a la interrogante planteada por los investigadores referente a ¿Cuál es el estado actual de implementación las tecnologías 4.0 en el sector manufactura?, delimitada a la ciudad de Bogotá, Colombia.

Esta investigación busca principalmente conocer el estado actual de implementación de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

El documento inicia con una breve reseña de las tecnologías de la industria 4.0, así como un análisis actual de las Pymes Colombianas, luego se enfocara en buscar la o las hipótesis que puedan satisfacer la preguntas planteada y con ello haciendo uso de técnicas de revisión y análisis documental se obtendrá información de fuentes confiables (CONFECAMARAS, ANDI, DANE, ANIF, OECD, Scopus, Science direct, Google académico, etc.), así como una encuesta, procesando y organizando dicha información que luego será analizada y correlacionada usando herramientas de procesamiento de datos estadísticos como Excel de Microsoft® dando como resultado un conjunto de valores que permitirá dar respuesta a las interrogantes planteadas.

El documento se estructura en 9 capítulos iniciando con la Introducción a la investigación e identificación de la problemática, presentación del objetivo general y específicos, luego se procede a exponer la justificación, a continuación, se presenta el marco teórico, describiéndose la estructura de las organizaciones, sostenibilidad e importancia del sector seleccionado, y descripción de las tecnologías 4.0. Posteriormente se exhibe el diseño preliminar que fundamentara la investigación, se prosigue con la hipótesis propuesta del análisis del marco teórico y variables a investigar, se expone el diseño metodológico, se presenta la muestra del trabajo de campo, recolección y análisis de datos, culminando con las conclusiones y trabajos futuros. Además, se incluyen al final de la investigación las referencias utilizadas y un apartado de anexos.

1.1 Problema de Investigación

A continuación, se encuentran los antecedentes y descripción del problema que estará desarrollando en esta investigación.

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

1.1.1 Antecedentes del problema:

La nueva revolución industrial, denominada industria 4.0, ha traído como consecuencia un aumento considerable en el acceso a diversas tecnologías y oportunidades de crecimiento, competitividad, innovación, desarrollo de las empresas a nivel mundial, con aportes importantes a la seguridad industrial, automatización, sistemas autónomos, realidad virtual, procesamiento y análisis de grandes cantidades de datos, aprendizaje de máquinas e inteligencia artificial, optimización de la cadena de valor, almacenamiento de información en la nube, redes de comunicación de alta velocidad, etc. permitiendo la adquisición, procesamiento, manipulación, análisis de sensores conectados a las máquinas y haciendo uso de las TIC (BCG, 2021). Esto implica que las empresas que deseen mantenerse en el sector deben a lo sumo adaptarse o en su defecto, requieren reinventarse o innovar para desarrollarse y poder expandirse *ANDI (2021), MINCIENCIAS (2020)*. Dado el ambiente de constante cambio tanto del mercado como los requerimientos de los clientes, consumidores, competencia, ambiente, leyes y regulaciones gubernamentales, se debe disponer de ciertas condiciones para su implementación a nivel de la industria local (OECD, 2019), para ello, el país debe tener la infraestructura, capacitación técnica, fuerza laboral entrenada y competitiva, motivada, adaptable al cambio, apoyo gubernamental, así como organizaciones con una cultura organizacional de innovación y desarrollo, adaptables, dispuesta afrontar el cambio, entre otros para poder implementar y llevar a cabo con éxito la integración de estas nuevas tecnologías, caso que debe ser analizado en Colombia, (OECD, 2019; *MINCIENCIAS, 2020*). La relación entre la economía, productividad y tecnología ha sido una fuente de búsqueda de soluciones en la empresa, por tanto, el ingreso de las tecnologías 4.0 en la industria colombiana, ha llegado con ciertas limitaciones ya que es necesario que las organizaciones se vayan adaptando a estas nuevas tecnologías y también se renueven *MINCIENCIAS (2020)*, en el caso de la industria colombiana. Según la Cámara de Comercio de Bogotá (2021), el 50% de las

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

Pymes del sector manufactura en Bogotá han incorporado alguna forma de tecnología digital en su operación, pero solo un 9% se considera integrado a la Industria 4.0

1.1.2 Descripción del problema:

Las tecnologías de la industria 4.0 están ingresando a Colombia de forma paulatina. Es irremediablemente necesario que las empresas Pymes tengan contacto y comiencen a realizar incursiones de aplicación en esta área, así como la capacitación, fortalecimiento técnico del personal, innovación y planteamiento de nuevas estrategias y oportunidades, junto a sus procesos. Esto conlleva a una incertidumbre y cierta reticencia de la industria local, dado que deben integrarse, adaptarse e innovar para poder subsistir. Durante la crisis del 2020 con la pandemia *ANDI (2021)*, *McKinsey (2020)*, el comercio electrónico fue un punto clave para la adaptación y subsistencia de las organizaciones, *ANDI (2021)*, se requiere conocer cómo podría ayudar a las empresas en desarrollo, en función de su sostenibilidad, competencia y permanencia, la aplicación de tecnologías de la industria 4.0 en las estrategias de las organizaciones Pymes Colombianas. Estos casos incluyen también como se puede integrar las Pymes a estas tecnologías (MINTIC, 2019), la actitud de las personas, su motivación y responsabilidad, entre otros factores importantes en la consecución de esta meta que permitiría incrementar la ventaja competitiva de las Pymes colombianas, promoviendo con ello un ambiente de progreso, avance, desarrollo de la industria nacional y con ello, mejoras económicas del país junto a una mejor calidad de vida de los ciudadanos (MINCIENCIAS, 2020). Las Pymes en Colombia, poseen una gran importancia para la economía nacional por su gran aporte al PIB (35%) y representan la mayor parte de la fuerza laboral (65%) según la ANIF (2021). Por otro lado, la OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) en su reporte (2019), hace referencia a la baja productividad laboral de las Pymes, lo que afecta también su ventaja competitiva contra productos importados en el mercado local, dado que según lo expresado en el reporte de la OECD (2019), se observan algunas

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

restricciones y proteccionismos para cuidar las empresas locales, no aprovechándose los acuerdos y tratados de libre comercio con otros países, así como el intercambio de tecnología y capacitación del personal local. Por tanto, al estar en desventaja, las Pymes locales deben buscar integrar las nuevas tecnologías a sus procesos para poder tener opción de subsistir en un mundo globalizado y altamente competitivo/dinámico.

Las Pymes manufactureras se dedican a transformar la materia prima a bienes de consumo. Según la DANE, (2020), involucran subsectores como: elaboración y procesamiento de Alimentos y bebidas, confección de prendas de vestir o textiles, fabricación de equipos, elaboración y procesamiento de sustancias químicas medicinales, mantenimiento especializado de maquinaria y equipos y otros rubros. En el caso de Bogotá con base al análisis documental realizado, estas presentan diversas deficiencias que impiden una mejor productividad, afectando su crecimiento y sostenibilidad, así como la confianza de los entes crediticios y su existencia, aparte de las carencias de infraestructura y apoyo gubernamental, apoyos financieros, acumulación de inventarios, desperdicio de materia prima y tiempos de producción o medición de los factores claves de la productividad, desconexión con los proveedores, procesos sin estándares de calidad, equipos mal utilizados o ineficientes, compra de equipos que no se ajustan a sus necesidades, no medir los niveles de satisfacción, quejas y reclamos de los clientes, mantener productos que no son rentables tal como se indica en ANIF (2020); Confecámaras (2020); Colombia productiva (2018); CEPAL (2013); MINTIC (2020):

Estos problemas, como indica Lorenz et al., (2015) pueden ser resueltos haciendo uso de herramientas de optimización como Lean/Six sigma, así como la implementación de las tecnologías 4.0.

Implementar las tecnologías 4.0 en las Pymes manufactureras de Bogotá es un reto dado la falta de recursos y diversos problemas relativos a las tecnologías, sin embargo, pueden ayudar a las empresas a alcanzar niveles de operación y productividad

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

más eficientes, reducción de los desperdicios y pérdidas, optimización de recursos, según González et al. (2018), se puede optimizar las estrategias de marketing y estrategias operacionales, que permitan conocer las tendencias reales del mercado y satisfacer las necesidades de los clientes, es decir, lo que el cliente en si necesita,(pp. 58) con una optimización de los procesos, recursos existentes, mejorando la imagen y reputación de las empresas, e influyendo en su competitividad y duración de su vida en el mercado.

1.1.3 Pregunta de investigación:

Tomando en cuenta los antecedentes y descripción del problema de los apartados anteriores, se consolida y concreta la pregunta final de esta investigación:

¿Cuál es el estado actual de la implementación de las tecnologías 4.0 particularmente en las industrias del sector manufactura de Bogotá?

2 Objetivos

2.1 Objetivo general

Evaluar el estado actual de implementación de las tecnologías 4.0 en las Pymes colombianas, particularmente en el sector manufactura, caso Bogotá.

2.2 Objetivos específicos

1. Revisión documental y contextualización del estado actual de implementación de las tecnologías 4.0 de las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.
2. Realizar diagnóstico, recolectando información del estado actual de implementación de las tecnologías 4.0 de las Pymes del sector manufacturero de Bogotá a través de una encuesta.

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

3. Presentar los resultados obtenidos de la encuesta en cuanto al estado actual de implementación de las tecnologías 4.0 y las limitaciones, beneficios presentes en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

3 Justificación

La justificación de esta investigación se basa en el hecho que las Pymes son consideradas parte importante de la producción local del país por concentrar la mayor cantidad de trabajadores, representar el mayor número de empresas y producción para el consumo y comercio interno. Según Confecámaras (2019), de las Pymes que básicamente funcionan dentro del país, apenas el 40% sobrevive más de 5 años desde su creación, dado que existen limitaciones en su desarrollo; entre los que se encuentran factores de financiamiento producto de la poca confiabilidad que generan a los entes crediticios, las limitaciones y restricciones existentes, así como las deficiencias encontradas en desperdicio de materia prima, acumulación de inventarios innecesaria, tiempos de producción excesivos, equipos mal utilizados o ineficientes, falta de medición de factores claves de productividad, que pueden ser fácilmente abordados y corregidos con la implementación de las tecnologías 4.0, trayendo como beneficios la optimización de los procesos de estas Pymes, reducción de errores de producción, así como el incremento de la eficiencia, calidad y productividad (OECD, 2019; Colombia productiva, 2018), a su vez se mantiene la continuidad de las operaciones y su crecimiento a futuro al reducir costos mediante el aprovechamiento de las oportunidades que brindan las tecnologías 4.0, junto a herramientas como Lean Six sigma (Drohomeretski et al. 2014, p.809).

En base a la revisión documental realizada, se observa que existe en la actualidad poca documentación e investigaciones relacionadas a las tecnologías 4.0 implementadas en las Pymes del sector manufactura, particularmente en el caso de Bogotá, Colombia. Siendo estas empresas un factor fundamental en la economía del

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

país y dado el potencial que representa el uso de estas tecnologías, es importante conocer en qué estado se encuentran actualmente las Pymes manufactureras de Bogotá con respecto a la integración hacia estas tecnologías.

Esta investigación buscara presentar el estado actual de implementación de estas tecnologías con la finalidad de conocer cuales beneficios y retos han presentado dichas empresas, así como las oportunidades que les ha brindado su implementación o no en sus actividades, con lo que se tendrá una visión actualizada del entorno competitivo, permitiendo tener referencias para crear oportunidades de mejora en las organizaciones en función de su crecimiento. El análisis de los datos que serán recolectados, usando un instrumento diseñado y validado para dar respuesta al cuestionamiento planteado, servirá de referencia a futuras investigaciones en esta área que permitirán mejorar la capacitación técnica e investigativa de quienes se interesen en este campo de estudio, así como apoyar el crecimiento de la industria manufacturera en Colombia, dada la poca información tanto técnica como investigativa disponible sobre este tema en particular.

4 Marco Teórico

El contenido teórico de la investigación permite comprender conceptos relativos a la investigación. Se encuentra dividido en 6 secciones, iniciando con el concepto de Pymes y su clasificación según su tamaño empresarial y sector de desarrollo, continuando con el entendimiento de los sectores dinámicos de la económica colombiana en los sectores industriales o manufactura, servicios y agropecuario, abordando luego el estado actual de la creación de las Pymes en Colombia, la importancias de las Pymes del sector manufactura en Bogotá, Colombia, su falta de sostenibilidad en el tiempo y cerrando con el impacto de la revolución industrial 4.0 en las organizaciones

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

4.1 Pymes.

Las Pequeñas y Medianas empresas, junto a las Microempresas, denominándose el conjunto como MiPymes (Confecámaras, 2020), son consideradas parte importante de la producción local de un país por concentrar la mayor cantidad de trabajadores, representar el mayor número de empresas y producir para el consumo y comercio interno entre otros.

La clasificación de MiPymes (micro, pequeña y mediana empresa) en Colombia, se basa en alguno de los siguientes 3 criterios:

- Número de trabajadores.
- Valor de ventas brutales anuales.
- Valor de activos totales.

Según el más reciente decreto, 957 de 05 de junio de 2019 del MINTIC, (2019), basado en el artículo 43 de la ley 1450 del 2011 (Congreso de la república, 2011), indica que se establecen los ingresos por actividades ordinarias para dicha clasificación en el sector productivo correspondiente (manufacturero, servicios, comercio), los cuales poseen sus propios rangos de valores. Basado en la clasificación de las empresas, se fijan ciertos beneficios que brinda el estado para apoyar su crecimiento y continuidad.

4.1.1 Clasificación del tamaño empresarial:

Según el MINTIC (2019) en su decreto 957 considerando los ingresos, así como las Unidades de Valor Tributario (UVT) fijadas en 38004 \$COP según la DIAN, (2021), se define el tamaño como sigue:

4.1.1.1 Para el sector manufacturero:

- Microempresa. Aquella cuyos ingresos por actividades ordinarias anuales sean inferiores o iguales a veintitrés mil quinientos sesenta y tres Unidades de Valor Tributario (23.563 UVT).

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

- Pequeña Empresa. Aquella cuyos ingresos por actividades ordinarias anuales sean superiores a veintitrés mil quinientos sesenta y tres Unidades de Valor Tributario (23.563 UVT) e inferiores o iguales a doscientos cuatro mil novecientos noventa y cinco Unidades de Valor Tributario (204.995 UVT).
- Mediana Empresa. Aquella cuyos ingresos por actividades ordinarias anuales sean superiores a doscientos cuatro mil novecientos noventa y cinco Unidades de Valor Tributario (204.995 UVT) e inferiores o iguales a un millón setecientos treinta y seis mil quinientos sesenta y cinco Unidades de Valor Tributario (1'736.565 UVT).

4.1.1.2 Para el sector servicios:

- Microempresa. Aquella cuyos ingresos por actividades ordinarias anuales sean inferiores o iguales a treinta y dos mil novecientos ochenta y ocho Unidades de Valor Tributario (32.988 UVT).
- Pequeña Empresa. Aquella cuyos ingresos por actividades ordinarias anuales sean superiores a treinta y dos mil novecientos ochenta y ocho Unidades de Valor Tributario (32.988 UVT) e inferiores o iguales a ciento treinta y un mil novecientos cincuenta y uno Unidades de Valor Tributario (131.951 UVT).
- Mediana Empresa. Aquella cuyos ingresos por actividades ordinarias anuales sean superiores a ciento treinta y un mil novecientos cincuenta y un Unidades de Valor Tributario (131.951 UVT) e inferiores o iguales a cuatrocientos ochenta y tres mil treinta y cuatro Unidades de Valor Tributario (483.034 UVT).

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

4.1.1.3 Para el sector de comercio:

- Microempresa. Aquella cuyos ingresos por actividades ordinarias anuales sean inferiores o iguales a cuarenta y cuatro mil setecientos sesenta y nueve Unidades de Valor Tributario (44.769 UVT).
- Pequeña Empresa. Aquella cuyos ingresos por actividades ordinarias anuales sean superiores a cuarenta y cuatro mil setecientos sesenta y nueve Unidades de Valor Tributario (44.769 UVT) e inferiores o iguales a cuatrocientos treinta y un mil ciento noventa y seis Unidades de Valor Tributario (431.196 UVT).
- Mediana Empresa. Aquella cuyos ingresos por actividades ordinarias anuales sean superiores a cuatrocientos treinta y un mil ciento noventa y seis Unidades de Valor Tributario (431.196 UVT) e inferiores o iguales a dos millones ciento sesenta mil seiscientos noventa y dos Unidades de Valor Tributario (2'160 .692 UVT).

Se observa que las UVT del sector manufacturero son relativamente inferiores a las del sector comercio, pero superiores al sector servicios.

4.2 Sectores más dinámicos de la economía colombiana.

Confecámaras (2020), en su informe, define los sectores más dinámicos de la economía colombiana (no mineros o energéticos) a saber:

4.2.1 El sector industrial (o manufacturero):

Construcción, confección de prendas de vestir, mantenimiento especializado de maquinaria y equipo, elaboración y procesamiento de productos alimenticios – principalmente alimentos de panadería, frutas y legumbres, cárnicos y lácteos –, y sustancias químicas medicinales.

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

4.2.2 El sector de servicios:

Actividades asociadas a servicios empresariales (como consultoría de la gestión, actividades jurídicas y contables) y a la construcción (como las de arquitectura e ingeniería y las inmobiliarias), turismo y atención médica.

4.2.3 El sector agropecuario:

Cultivo de plátano y banano, flor de corte, cría de ganado bovino, porcino y aves de corral, y sus actividades de apoyo.

Que representan el 43% de las empresas formales del país, así como generan el 35% del empleo formal.

4.3 Estado actual de la creación de Pymes en Colombia.

Según Confecámaras en su informe de creación de empresas 2019, (Confecámaras, 2019), indica el crecimiento de las MiPymes para enero-diciembre 2019, en función del valor de sus activos de Microempresas (308.223 nuevas empresas/99,6%, agricultura, comercio, construcción, industria, servicios), pequeñas empresas (1155 nuevas empresas / 0,37%) y medianas empresas (70 nuevas empresas / 0,03%). Como se observa, el incremento de las microempresas es mucho mayor que las pequeñas y medianas, esto indica que el emprendimiento y la producción local es muy importante en Colombia y con base a la ley 1450 del 2011, se considera una microempresa en función de la cantidad de empleados, cuando posee un máximo de 10 trabajadores, por tanto, estas microempresas diversas, emplean pocas personas de forma individual, representando un gran número de empresas en comparación con las grandes medianas y pequeñas empresas.

Normalmente, las MiPymes poseen un propietario que cumple diversas funciones y toma todas las decisiones, no poseen ninguna estructura directiva como las grandes empresas, con una estructura organizativa grande, diversificada y específica en asuntos

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

particulares de la organización (como un departamento de exportación/importación, por ejemplo, o un departamento de finanzas/marketing, investigación y desarrollo etc.).

En vista de ello, la pyme se centra en la producción, sin tomar en consideración otros factores fundamentales en el funcionamiento de una organización, (finanzas, inversión, financiamientos, expansión, etc.) y como indican los estudios de Confecámaras (2016) apenas el 40% de las Pyme sobrevive más de 5 años desde su creación.

4.4 Importancia de la Industria Manufacturera en Bogotá, Colombia.

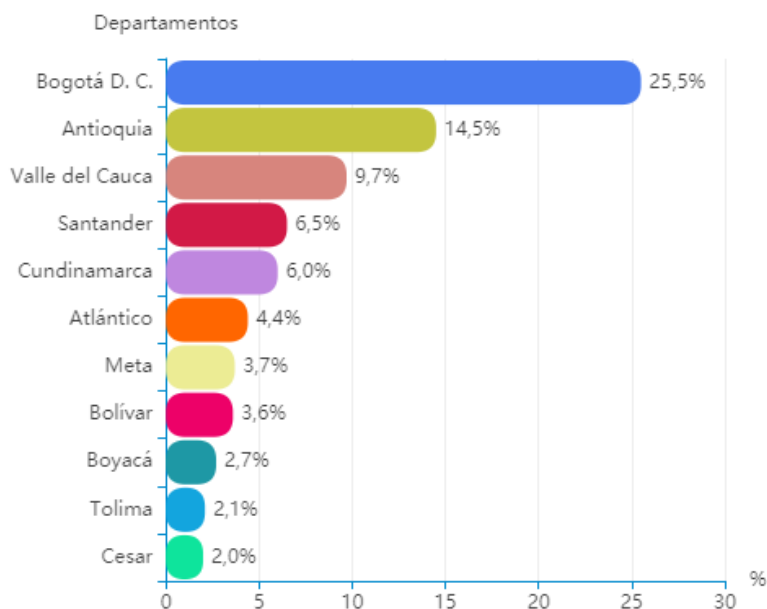
La industria manufacturera se define como la transformación mecánica o química de sustancias orgánicas e inorgánicas en productos nuevos, por medio de maquinaria o métodos artesanales/manuales, en fábricas o a domicilio; incluyéndose dentro de este sector el montaje de las partes que componen los productos manufacturados, exceptuando las actividades del sector de la construcción (DANE, 2019)

Basado en datos de Confecámaras (2019) y la DANE (2019), se observa que la ciudad de Bogotá cuenta con una participación de un 25.4% del PIB nacional de Colombia, siendo el principal aporte del PIB, tal como se observa en la figura 1.

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

Figura 1

Participación de Bogotá en el PIB de Colombia, 2019.

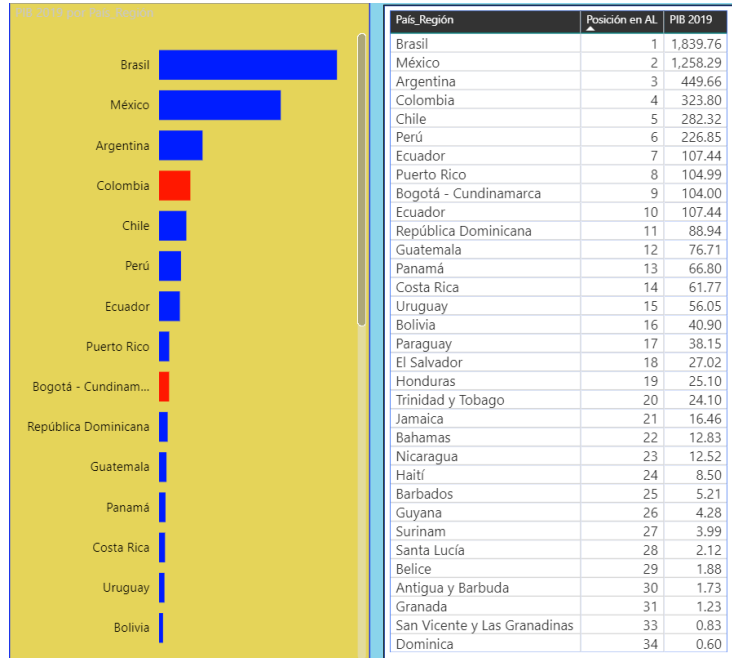


Fuente: Tomado de (Confecámaras, 2019; DANE, 2019).

La importancia de Bogotá en el aporte económico de la región es tan importante, que incluso puede compararse con el aporte de países enteros en la región de América latina y el caribe. En figura 2, es posible observar que Bogotá ocupa la 9na posición con base al PIB generado, superando a países centroamericanos tales como Panamá, Costa Rica y Guatemala. A nivel nacional, Bogotá posee la más alta calificación en el índice departamental para innovación de Colombia (Confecámaras, 2019), siendo considerada una economía dinámica, incluyente e innovadora, tal como se observa en la figura 3.

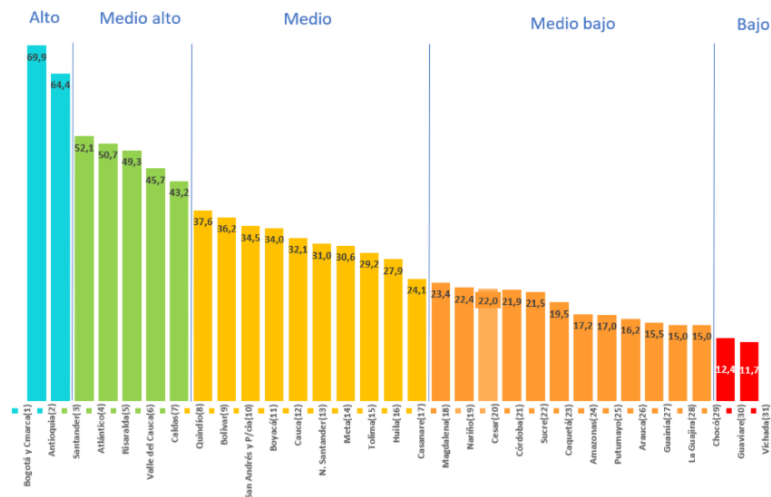
Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

Figura 2
PIB de Bogotá con respecto a América latina y el Caribe. (2019)



Fuente: Tomado de (Confecámaras, 2019; DANE, 2019)

Figura 3
Índice de innovación departamental 2019



Fuente: Tomado de (Confecámaras, 2019).

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

4.5 Sostenibilidad de las Pymes Colombianas

Existe una gran interrogante alrededor de la sostenibilidad de las Pymes colombianas ¿Por qué las Pymes duran tan poco y no permanecen en el tiempo?

Según la ANIF (2020), existen varios factores por los cuales las Pymes no duran permanentemente, en su última medición gran encuesta Pyme o GPE del 2020, las Pymes no solicitan créditos bancarios formales por las restricciones y limitaciones existentes, entre los retos que presentan en materia financiera son:

1. Bajo acceso al crédito formal.
2. Recursos de financiamiento destinados principalmente a actividades de corto plazo (capital de trabajo), en vez de usarlos en la expansión-innovación del negocio, lo que se refleja a su vez en la baja vocación exportadora de las Pymes (rondando solo un 10% del total).
3. Precaria diversificación del crédito mediante mecanismos alternativos de financiación como el leasing o el factoring (usado solo por el 2%).
4. Problemas de liquidez, producto de pago de facturas de 90-180 días (que pueden mejorarse con ley de pronto pago pendiente por aprobación).

Lo anterior indica, en su mayoría, una falta de educación financiera, además de otras limitaciones en el desarrollo de las MiPymes; tal como indica la OECD (2019) en su reporte, a pesar de que se Fuente: un crecimiento, existen puntos por mejorar:

- La economía colombiana es relativamente cerrada al comercio internacional (a pesar de todos los acuerdos comerciales y el libre comercio).
- Altos precios de los bienes comercializables, según la OECD, (2019), Colombia no aprovecha las ventajas de la globalización y libre mercado para buscar opciones de precios más competitivos para las empresas y consumidores. En la Figura 4, comparación costos, observamos las siguientes secciones, en la figura

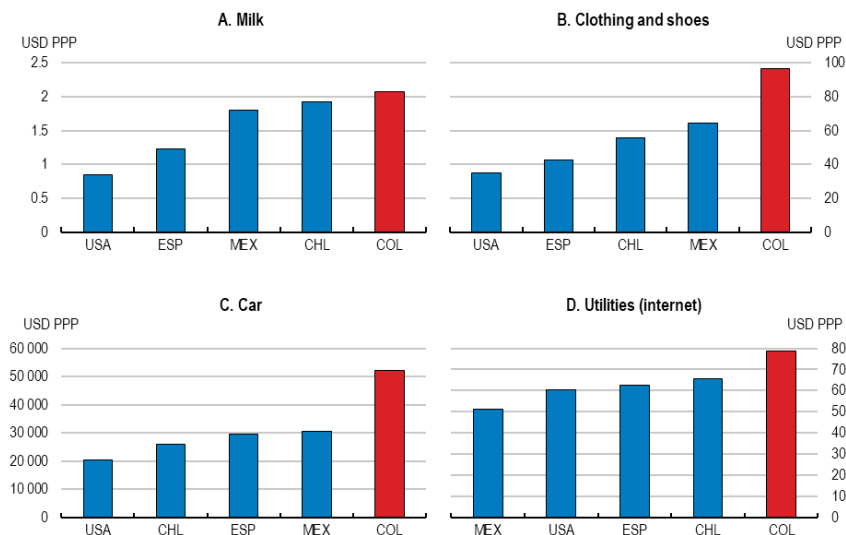
Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

4A, la leche tiene un mayor costo en Colombia que en otros países vecinos, en comparación por ejemplo con Chile o con México, en la figura 4b se observa el costo de la ropa y calzado, productos que son parte de las industrias locales tienen un valor muy superior en comparación con España, Chile, México, USA, siendo países miembros de la OECD la diferencia es elevada, así de igual forma en la figura 4C, el costo de los vehículos es superior a los valores de los países OECD, quienes tienen un costo similar entre todos mientras que en la figura 4D, el costo de los Servicios (internet) en Colombia vs resto de países destaca que este es superior al valor promedio del resto de países miembros de la OECD. Por tanto, se aprecia la desproporcionada relación de costos de productos y servicios en Colombia en comparación con países miembros de la OECD en los que se tiende a mantener una relación de costos aproximadamente similares y a los que Colombia debería aproximarse a través de las mejores de sus industrias, tecnologías, procesos entre otros según la OECD (2019).

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

Figura 4

Comparación costos de productos Colombia vs países. A, Leche, B, Ropa y calzado. C, Vehículo. D, Internet.



Fuente: Tomado de OECD Economic Surveys: Colombia 2019 - © OECD 2019.

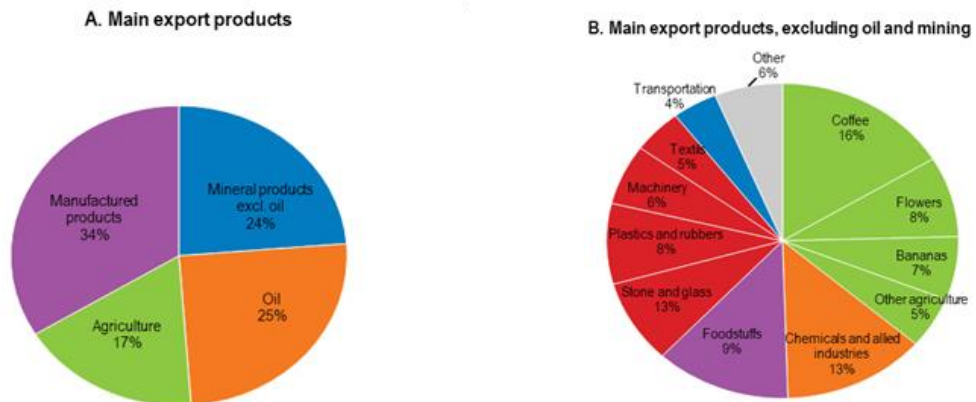
- Los bienes de exportación se concentran en unos pocos productos y servicios (Colombia es el país menos diversificado entre los 6 países más grandes de América latina). En la figura 5A se pueden apreciar los principales productos de exportación, destacando que el 34% son provenientes de las empresas manufactureras, mientras que los productos provenientes de la industria petrolera (25%) y minera (24%) ocupan el mayor porcentaje en conjunto. En la figura 5B se aprecia un desglose de los productos de exportación, excluyendo petróleo y

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

minería, donde los productos manufacturados más comunes son los textiles, maquinarias, productos químicos plásticos entre otros.

Figura 5

(A) principales productos de exportación, 2 (B) excluyendo petróleo y minería (2016)



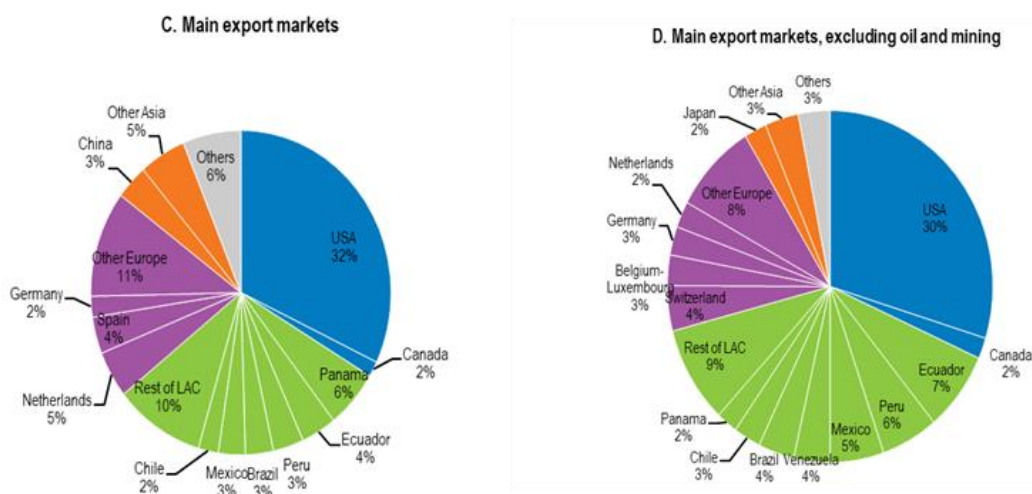
Fuente:: Tomado de OECD Economic Surveys: Colombia 2019 - © OECD 2019.

- En la figura 6C se observan los principales mercados de exportación siendo USA el mayor socio comercial con un 32% seguido de Europa y resto de América latina figura 6D principales mercados de exportación excluyendo petróleo y minería, en el que USA sigue siendo el mayor receptor de los productos colombianos en este caso sin incluir el petróleo, por lo que se puede apreciar la importancia que tiene ese mercado para la economía colombiana así como la poca diversidad y opciones en las que se puede buscar mejoras y mayor competitividad para la industria colombiana, por ejemplo Europa representa una pequeña cantidad, apenas 22% en total, considerando la gran cantidad de países que la componen.

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

Figura 6

Principales mercados de exportación(C). Excluyendo petróleo y minería (D), (2016).



Fuente: Tomado de OECD Economic Surveys: Colombia 2019 - © OECD 2019.

- La IED (inversión extranjera directa) se ha diversificado más (a partir de la inversión en petróleo y minas), pero la integración en las cadenas globales de valor continúa siendo escasa, Colombia se ha mantenido en los márgenes de las cadenas comerciales de valor.
- El comercio de servicio es relativamente escaso.
- Colombia no aprovecha y explota todo su potencial, recursos terrestres, hídricos, diversidad clima.
- El costo del comercio es muy alto en Colombia, producto de los procesos burocráticos, costos de trámites aduanales de importación y exportación, distancias, logística de transportes, tiempos de procesamiento etc.

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

- Deficiencias en la infraestructura. Puertos, carreteras, presentan cuellos de botella que influyen en la baja eficiencia productiva y la competitividad del desarrollo local por no contar con oportunidades en infraestructura que centra la producción local en pocas regiones del país donde se encuentran las oficinas aduanales.
- Aranceles comerciales altos y medidas arancelarias diversas, así como diversas restricciones de comercio existente, a pesar de tratados existentes de libre comercio y otros acuerdos.
- Medidas comerciales no arancelarias diversas. Limitan a su vez la importación y exportación de productos, como barreras técnicas, medidas de control fronterizas, medidas sanitarias, etc.
- Estimulación de la innovación y el uso de las TIC.
- Coincidiendo con la ANIF (2020) y Asobancaria (2016), se requiere un buen sistema de valores y financiamiento, bancarios, no existe una simplificación de los requisitos para financiar las pymes y reducir los costos para su participación en el mercado de valores.

Otras limitaciones que afectan el crecimiento y sostenibilidad de las MiPymes según el informe de la ANIF-GEP (2019) está centrado en:

- Falta de demanda.
- Altos impuestos.
- Costos de insumos.
- Capital de trabajo insuficiente.
- Rotación de cartera.
- Contrabando.
- Tasa de cambio.
- Trabaja para satisfacer la demanda.

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

Según Colombia productiva (2018), otros factores que inciden en la no productividad de las pymes:

1. Acumulación de inventarios innecesariamente.
2. Desperdicio de grandes cantidades de materia prima.
3. Desperdicio de tiempos de producción.
4. No medir los factores claves de la productividad.
5. Desconexión con los proveedores.
6. Procesos sin estándares de calidad.
7. Equipos mal utilizados o ineficientes.
8. Compra de equipos que no se ajustan a sus necesidades.
9. No medir los niveles de satisfacción, quejas y reclamos de los clientes.
10. Mantener productos que no son rentables.

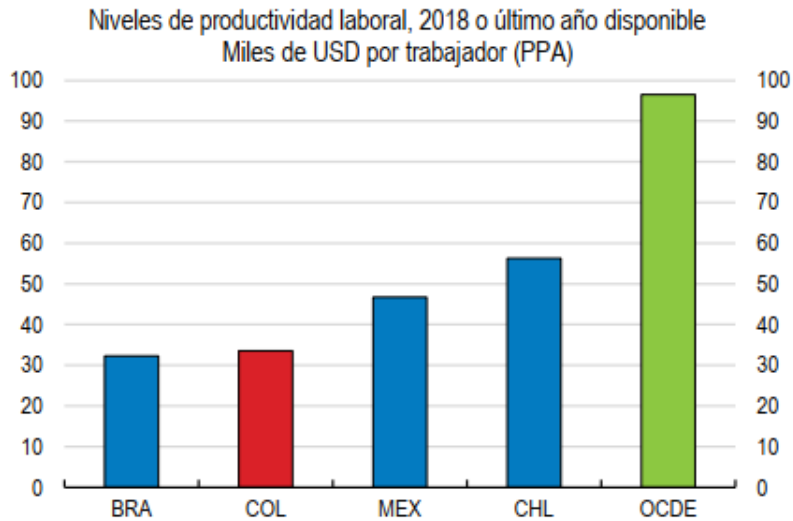
Si se observan los 10 puntos antes mencionados todos se refieren a capacitación, estructura organizacional eficiente, auditorias y evaluación del desempeño, capacitación financiera, procesos estandarizados y cumplimiento de normas nacionales/internacionales, indicadores del desempeño, implementación y uso de las TIC etc., es por ello que las pymes pierden confianza de los entes de crédito como bancos, al no contar con una solidez y eficiencia demostrada en compromiso y garantía de pago, no llevar un registro contable o inventarios fiables, etc., así como se podría indicar que influye en su competitividad, sostenibilidad y su posible internacionalización dado que no se sienten en posición ventajosa ante tantas limitaciones y deficiencias.

Esto también es un punto mencionado por la OECD, (2019) en su reporte, donde se hace referencia a la baja productividad laboral, como se observa en la figura 7, donde se compara a Colombia con el estándar de la OECD y otros países de la región.

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

Figura 7

Niveles de productividad laboral en Colombia en comparación con OECD y otros países de la región. (2018)

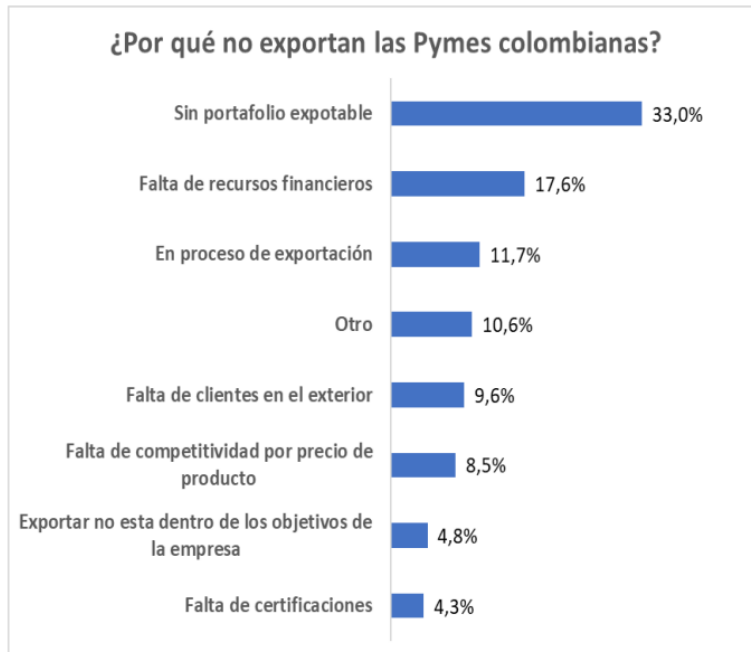


Fuente: Tomado de OECD Economic Surveys: Colombia 2019 - © OECD 2019

En el informe del 2018, Colombia Productiva, indica algunas de las causas por las cuales las Pymes colombianas no exportan (Figura 8) así como las lista de cuales exportaron y cuales no durante el 2015 (Figura 9). Este hecho concuerda con lo antes expresado, las Pyme presentar muchas dificultades y necesidades para afrontar la internacionalización, y esto puede observarse claramente en la figura 9, donde se compara la cantidad de empresas por tamaño que exportan y cuáles no.

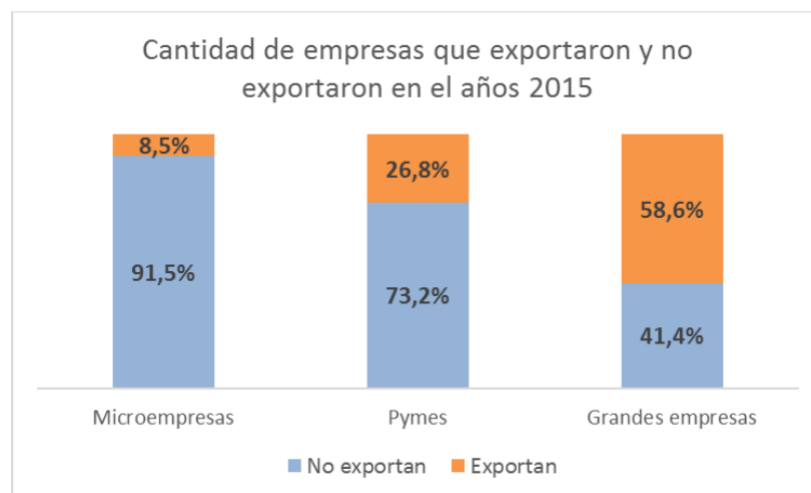
Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

Figura 8
¿Porque no exportan las Pymes colombianas?, (2017)



Fuente: Tomado de Colombia productiva, 2020.

Figura 9
Cantidad de empresas que exportaron y no exportaron durante el 2015



Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

Fuente: Tomado de Colombia productiva, 2018.

Existen una serie de puntos que afectan directa e indirectamente a las Pymes, tanto desde el punto de logística, infraestructura, carreteras, puertos, costos de procesos, financiamiento relativos al estado y entes financieros en función de su propia estructura y funcionamiento.

Para que una Pyme pueda internacionalizarse, primero debe desarrollarse, ser competitiva y sostenible localmente. De igual forma en función de los tratados y acuerdos de libre comercio, acuerdos con otros países, etc., existirá competencia en el mercado local por el ingreso de productos de incluso más bajo precio y calidad con los cuales no puede competir la Pyme nacional. De allí según lo expresado en el reporte de la OECD (2019), se observan algunas restricciones y proteccionismos para cuidar las empresas locales ante la globalización y libre mercado que los ataca y el hecho de no estar preparados aun para afrontar esa competencia, hace más temeroso ese proceso de apertura comercial a diferencia de las grandes empresas, ya establecidas y capaces de afrontar dicha competitividad, en consecuencia existe el miedo a la banca rota, despidos, incremento de la actividad informal, etc.

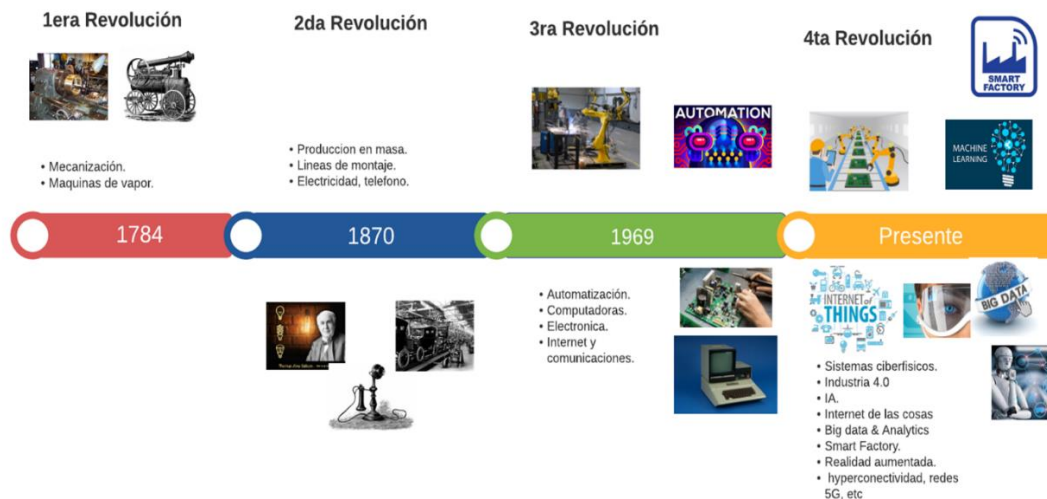
Del informe de la CEPAL (2013), se puede inferir que la participación de las pymes en las exportaciones es bastante reducida como resultado de un escaso desempeño en términos de competitividad, que también se expresa en la marcada brecha de productividad respecto de las grandes empresas, sobre todo dado que la MiPymes representa una alta contribución al empleo con una baja contribución a la producción.

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

4.6 Revolución industrial 4.0 (tecnologías 4.0), su impacto en las organizaciones.

El mundo ha observado a través de la historia diversos cambios relativos a la industria y comercio, producto de la continua búsqueda de las mejoras en la productividad, cambios en los consumidores, mercados, ambiente, tendencias a la reducción de costos continua evolución de la tecnología, entre otros. Tales fueron las 3 etapas de la revolución industrial y la más actual según Joyanes (2017), como se observa en la Figura 10.

Figura 10
Revoluciones industriales de los últimos tiempos



Fuente: Elaboración propia basado en Joyanes, L (2017).

La primera revolución ocurrió a finales del siglo XVIII, en esta etapa aparece la máquina de vapor y se da origen a la mecanización, la segunda revolución industrial fue a comienzos del siglo XX, en esta aparece la producción en masa, la electricidad, líneas de montaje, la tercera revolución ocurre a comienzos de los años 70's, esta se basa en

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

la automatización, la aparición de las computadoras, la electrónica, internet y comunicaciones. La cuarta revolución industrial es el presente, está basada en el internet, sistemas ciber físicos, la industria 4.0, internet de las cosas, Big data y analítica, fabricas inteligentes, realidad aumentada, Hyperconectividad entre otros.

De acuerdo al MINTIC, (2019) La cuarta revolución industrial es una revolución hacia la digitalización. El cambio social de una sociedad industrializada a una sociedad post industrializada, basada en el conocimiento, orientada el servicio, y basada en la información, se basa en la revolución digital con Internet mucho más móvil, sensores más pequeños y potentes que cada vez se hacen más baratos y asequibles, e inteligencia artificial y aprendizaje automático. (p.14)

Básicamente, las empresas se enfrentan a continuos cambios externos como mayor competitividad, inestabilidad económica mundial, cambios en los consumidores y mercados, consumidores más exigentes, como indica Drohomerecki et al. (2014) y Järvenpää y Lanz (2019), por lo que deben adaptarse, transformarse y tomar decisiones estratégicas operativas claves para poder mantenerse en el mercado. Las condiciones actuales de las organizaciones a nivel mundial consisten en enfrentarse a las continuas tensiones sociales, el nacionalismo económico y la revolución tecnológica (Bhattacharya et al., 2020).

4.6.1 Industria 4.0.

Se define la industria 4.0 según Siemens (2020), como “un concepto que se originó en Alemania (donde se conoce como "Industria 4.0"). Se usa normalmente para describir las fábricas inteligentes, conectadas, impulsadas por la IA y basadas en datos como las precursoras de la 4ª Revolución Industrial. Esta transición de los procesos de fabricación y tecnologías se basa en estos principios fundamentales:

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

- La conexión generalizada de personas, máquinas y «cosas» en entornos físicos y virtuales (p.ej. el Internet de las Cosas)
- El aprovechamiento de datos a través de herramientas y sistemas que muestra el valor de los mismos para impulsar la eficiencia y flexibilidad de la producción (p.ej. la transformación digital)
- Aumento de la calidad del producto y mejora de la comercialización mediante pruebas virtuales de preproducción
- Procesos de planificación, producción, fabricación y mantenimiento asistidos por IA y basados en datos.” (párr. 1-2)

En la Industria 4.0, el "4.0" se refiere a una cuarta revolución industrial que se espera sea realizada por los sistemas de producción ciber-físicos que fusionan los mundos real y virtual.

De acuerdo al MINTIC, (2019) la Industria 4.0 se define como un nuevo modelo industrial para la autoorganización y la autogestión de sistemas de producción totalmente automatizados, que aprenden autónomamente y que son interactivos, en los que el núcleo son las nuevas tecnologías digitales y las tecnologías de Internet, y el papel de los humanos está limitado a su inicio, control y mantenimiento técnico, lo que requiere nuevas competencias de especialistas industriales modernos y está acompañado de cambios sociales”. (p.7)

Según el MINTIC, (2019) “La industria 4.0 es, al igual que las tres previas revoluciones, dominada por las innovaciones técnicas. Mientras la mecanización y la electrificación condujeron las dos primeras revoluciones industriales, la tercera, la cual se caracterizó por un incremento de la informatización y la automatización, se está actualmente transformando en la cuarta revolución industrial. La industria 4.0 está marcada por una integración técnica de sistemas ciber físicos en los procesos de

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

logística y manufactura, así como también por el uso del internet de las cosas y de los servicios en los procesos industriales”. Las nuevas tecnologías tienen impacto sobre la creación de valor, la organización del trabajo, el flujo de servicios y los modelos de negocios de las compañías. En el desarrollo de la industria 4.0, el concepto de fábrica inteligente juega un papel importante. Así que un ambiente de producción flexible, auto organizado y descentralizado reemplazará al ambiente de producción clásico, jerárquico y centralmente controlado. (pp. 13,14)

En resumen, la industria 4.0 hace que las fábricas sean "inteligentes". Tecnologías como la Internet industrial de las cosas, la inteligencia artificial y los sistemas ciber físicos interactúan a la perfección, comunicándose y ajustándose continuamente (BCG 2021). Las empresas que entiendan completamente y capturen el valor de estas ventajas estarán mejor posicionadas para enfrentar los desafíos que se avecinan.

4.6.2 Características de las organizaciones que implementan tecnologías 4.0 a futuro:

Con base en documentos como Drohomerecki et al. (2014), Järvenpää y Lanz (2019), se infieren algunas características a saber:

1. Alta calidad en los productos elaborados y/o los servicios prestados; esto es, ofrecer productos que cumplan con las especificaciones y requerimientos del cliente.
2. Alta flexibilidad para atender a las demandas cambiantes de clientes, mercados y sociedad en general.
3. Capacidad para generar una respuesta rápida sensible a las necesidades de los clientes actuales y potenciales entre el proceso de producción y entrega al cliente.
4. Sistemas de operaciones empresariales soportados en tecnologías de avanzada.

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

5. Habilidad para emprender cambios en las estructuras de los costos empresariales que contribuyan a mejorar la productividad y competitividad.
6. Capacidad para utilizar estructuras organizacionales alternativas que respondan de manera ágil a las demandas de los diferentes grupos de interés de la organización.
7. Innovación. Elaborar más rápidamente productos novedosos y lanzar al mercado mayor diversidad de productos en comparación con la competencia.

Lo anterior se puede resumir en la figura 11. Para lograr lo anterior, las organizaciones deben realizar una transformación interna, utilizar las herramientas adecuadas para optimizar y hacer más eficientes sus procesos, reducir deficiencias/desperdicios, disminuir costos, hacer uso adecuado del factor capital y humano, implementar las innovaciones tecnológicas necesarias de forma tal de tener un efecto positivo en la productividad, ambiente y responsabilidad social.

Figura 11

Características de organizaciones que implementan tecnologías 4.0



Fuente: Elaboración propia a partir de (Drohmeretski et al. 2014; Järvenpää y Lanz, 2019; Nagles 2020)

4.6.3 Lean Manufacturing.

Entre las herramientas disponibles y utilizadas por las organizaciones, según Järvenpää y Lanz (2019), se tiene, lean manufacturing, el cual se enfoca en crear valor para el cliente, eliminando todos los desperdicios (aquello que no da valor agregado al cliente, siendo el valor por lo que el cliente está dispuesto a pagar). (p.1). Se origina a

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

partir del sistema de producción de Toyota conocido como TPS luego de la segunda guerra mundial y se considera una filosofía de producción. Se infiere de Järvenpää y Lanz (2019), que cada organización adapta la filosofía Lean dependiendo de sus procesos. Lean por sí solo no conlleva a un éxito en la sostenibilidad de la organización, dado que se limita a eliminar desperdicios basado en los requerimiento del cliente, en vista que solo considera desechos, aquello que no aporta valor agregado, el cumplir con los requerimientos ambientales y responsabilidad social, puede llevar cumplir con el sacrificio de hacerlo a mayor costo, (p.1), por tanto se pueden emplear en conjunto con otras técnicas o herramientas como el Six Sigma, tal como indica el estudio de Drohomerski et al. (2014), el cual permite optimizar aún más los procesos de la organización. En este caso involucrando a la alta gerencia, utilizando un modelo que permite enlazar las prioridades competitivas o características futuras que regirán las operaciones (costos, calidad, flexibilidad, innovación, sistemas de operaciones soportados en tecnologías) con las áreas de decisión estratégica (Facilidades, procesos, tecnología, integración vertical, organización, calidad, recursos humanos, mantenimiento, etc.). Lean se enfoca en reducir los desperdicios del proceso, mientras Six-Sigma se enfoca en mejorar la efectividad de los procesos (p.809). El uso de las TIC, las redes de comunicación, tecnologías en el área de robótica, automatización y control, sensores inteligentes, etc., permiten apoyar el uso de las herramientas como Lean/Six-Sigma, dado que, en las diversas etapas del proceso de diseño, fabricación, producción, ventas, ciclo de vida completo del producto, satisfacción del cliente, cadena de suministros, cada uno juega un papel fundamental como se verá a continuación en lo referente a la revolución industrial 4.0.

4.6.4 Tecnologías 4.0. Tecnologías de la cuarta revolución industrial.

En el caso de la cuarta revolución industrial, existen un conjunto de tecnologías denominadas disruptivas que vienen a cambiar la forma como el mundo se interconecta,

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

trabaja, desarrolla, adquiere, procesa, almacena, distribuye y utiliza la información. Entre las que se encuentran algunas implementadas y otras en proceso de desarrollo, en referencia a Joyanes (2017) y Lorenz et al. (2015):

- **Inteligencia artificial (Machine learning, redes neuronales, deep learning), inteligencia artificial aplicada (cobots, bots, chatbots):** Según Yokogawa (2020), “El término inteligencia artificial se aplica a una familia de técnicas informáticas que imitan las funciones cognitivas humanas, dando a las máquinas la capacidad de percibir, razonar y aprender. Los términos "inteligencia artificial" o "IA se utilizan a menudo para referirse a campos y subcampos individuales de la IA, como el aprendizaje automático, las redes neuronales o el procesamiento del lenguaje natural. Sin embargo, "inteligencia artificial" también puede referirse a sistemas más amplios capaces de observar su entorno, aprender de la experiencia y manejar con éxito eventos imprevistos”. La inteligencia artificial ofrece algunas ventajas clave sobre los humanos: puede procesar rápidamente inmensos volúmenes de información o detectar patrones que evaden la percepción humana. Los seres humanos, sin embargo, tienen sus propias fortalezas únicas, como la inteligencia general y la poderosa intuición y creatividad. El objetivo es hacer de la inteligencia artificial un colaborador que complemente a los humanos, no un reemplazo o un rival” (párr.1-2).
- **Big data analytics:** La analítica de big data, según IBM (2021) “es el uso de técnicas analíticas avanzadas contra conjuntos de datos muy grandes y diversos que incluyen datos estructurados, semiestructurados y no estructurados, de diferentes orígenes, y en tamaños diferentes de terabyte a zettabyte. Los big data tienen una o más de las características siguientes: alto volumen, alta velocidad o gran variedad. La inteligencia

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

artificial (IA), la movilidad, las redes sociales y la Internet de las cosas (IoT) están impulsando la complejidad de los datos a través de nuevas formas y orígenes de datos” (párr. 1-2).

- **Internet de las cosas (IoT) e Internet Industrial de las cosas (IIoT).** (Drones, vehículos autónomos, wearables, Smart cities, Smart factories). Según Yokowaga (2020), “El Internet de las cosas (IoT) es un término genérico que describe el colectivo masivo de soluciones y sistemas mecánicos y digitales interconectados y habilitados para la web que se utilizan para facilitar el intercambio de datos y la ejecución de actividades. Tanto el Internet de las cosas (IoT) como el Internet industrial de las cosas (IIoT) combinan la informática y los servicios de Internet, sin embargo, para diferentes propósitos. El IoT promueve la transformación digital a nivel del consumidor, mientras que el IIoT lo hace a nivel industrial. El IoT se aplica en una escala mucho más amplia que solo la industria. Ha permeado todos los niveles de la sociedad y se encuentra comúnmente en muchas formas diferentes en la vida cotidiana. Estos incluyen aplicaciones generales como dispositivos portátiles, hogares inteligentes, computadoras portátiles y teléfonos inteligentes”. (párr. 1-3).
- **Block chain e Hyperconectividad (Redes 5G, Wifi 6).** Según Aggarwal et al. (2022), Block-chain [1], que es mejor conocido por la moneda criptográfica, ofrece una solución intrigante al problema de la seguridad cibernética. Block-chain proporciona una gran protección contra la manipulación de datos. Ayuda con la protección de los dispositivos de Internet de las cosas (IOT) en un entorno distribuido. También permite el cierre y desconexión de dispositivos de red IOT comprometidos. Un sistema de registro distribuido es lo que es la cadena de bloques. Se utiliza

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

en combinación con el Internet de las cosas para permitir la comunicación de máquina a máquina. Funciona con una base de datos que incluye un conjunto de transacciones. Estas transacciones se verifican tres veces antes de ingresarlas en un libro mayor central. Estos libros mayores se han instalado en cada nodo. En este estudio de investigación, se explora el concepto de cadena de bloques en relación con el Internet de las cosas. Este artículo considera una serie de investigaciones en las áreas de blockchain e IOT. La importancia de la cadena de bloques y su desarrollo se ha debatido en términos de los desafíos de su aplicación. También se investiga la importancia de la cadena de bloques en la investigación basada en IOT para la seguridad de las transacciones en línea. es un tipo de tecnología que simplemente puede ofrecer seguridad en las transacciones entre dispositivos IOT. Usando una arquitectura de igual a igual, los datos en el libro mayor público se mantienen automáticamente (párr. 1).

- **Experiencias inmersivas (Realidad extendida:** Realidad virtual, Aumentada y Mixta): Según Joyner (2018,) “La realidad aumentada (AR) es una vista en vivo, directa o indirecta de un entorno físico del mundo real cuyos elementos se aumentan (o complementan) mediante información sensorial generada por computadora, como sonido, video, gráficos o datos de GPS. Combina objetos virtuales 3D en un entorno real 3D y muestra esta combinación en tiempo real. La realidad aumentada (AR) es una tecnología que superpone una imagen generada por computadora en la vista del usuario del mundo real, proporcionando así una vista compuesta. Es un entorno artificial creado a través de la combinación de datos del mundo real y generados por computadora. La realidad aumentada funciona mediante el empleo de simulación computarizada y técnicas como reconocimiento de imagen y voz, animación, dispositivos portátiles y

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

montados en la cabeza, y entornos de pantalla potenciados para agregar una pantalla virtual sobre imágenes reales. La realidad virtual es una tecnología que permite a un usuario realizar acciones en un entorno digital, pero sentirse como si estuviera inmerso en un entorno físico. El propósito de la realidad virtual es permitir que una persona experimente y manipule el entorno como si fuera el mundo real. Por el contrario, la realidad aumentada (AR) es una tecnología que integra información digital en el entorno del mundo real del usuario. Un entorno de realidad virtual se experimenta a través de estímulos sensoriales proporcionados por una computadora y las acciones del visitante virtual pueden influir en lo que sucede en el entorno digital. En la etapa actual de desarrollo, los usuarios deben interactuar con este tipo de entorno artificial usando un auricular VR o un guante háptico. A medida que la tecnología continúa mejorando, se espera que la realidad virtual desempeñe un papel técnico importante en la creación de experiencias de metaverso inmersivas” (p.113).

- **Robots autónomos, Simulación y Fabricación aditiva e impresión 3D:** Según BCG (2021) “El ejemplo clásico de fabricación aditiva es la impresión 3D. En lugar de crear prototipos de componentes individuales, las empresas ahora pueden producir pequeños lotes de productos personalizados. Las ventajas resultantes incluyen la fabricación rápida de diseños complejos y ligeros” (párr. 5-7). Según Joyanes, (2017) la fabricación aditiva y la impresión 3D son espinas dorsales de la fabricación inteligente. Un producto puede ser diseñado en una computadora e impreso en una impresora 3D que crea un objeto sólido mediante la acumulación (construcción) de capas sucesivas de material. El diseño digital puede ser ajustado con unos pocos clics del ratón (mouse), la

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

impresora 3D puede funcionar sin supervisión” (p.33). Este tipo de tecnologías permite ahorrar tiempo, material, horas de trabajo del personal, corregir los diseños de producto en tiempo real sin desperdicio de materiales dado que se realiza a través del uso de software asistido por computador. La robótica toca todas las industrias, desde la fabricación hasta la cirugía, y la cirugía tiene las mayores ganancias. Hay robots humanoides que se asemejan a los humanos que sirven como acompañantes de los ancianos y les recuerdan que deben tomar sus medicamentos y que mantienen conversaciones inteligentes. Los futuristas y los expertos en robótica los ven tanto como un activo como una amenaza para la humanidad.

- **Cloud computing (La nube) y Ciberseguridad/ Integración de sistemas horizontales y verticales:** Según IBM (2021) Cloud computing, a menudo denominado simplemente “el cloud”, “consiste en el suministro de recursos informáticos a petición, desde aplicaciones hasta centros de datos, a través de Internet y con un modelo de pago según uso. Las aplicaciones basadas en cloud, o software como servicio, se ejecutan en sistemas distantes "en el cloud", que pertenecen y son administrados por otros y que están conectados a los sistemas de usuario a través de Internet y, por lo general, de un navegador web” (párr. 1). Según BCG (2021), cuantas más iniciativas relacionadas con la producción emprende una empresa, más necesita compartir datos entre sitios. Mientras tanto, las tecnologías de la nube siguen siendo más rápidas y potentes. Las empresas implementarán cada vez más datos de máquinas y análisis en la nube, lo que permitirá más servicios basados en datos para los sistemas de producción (párr. 8).

Yokogawa (2022), define el cloud o computación en la nube, como “aquella en la que los usuarios se suscriben a servicios como aplicaciones

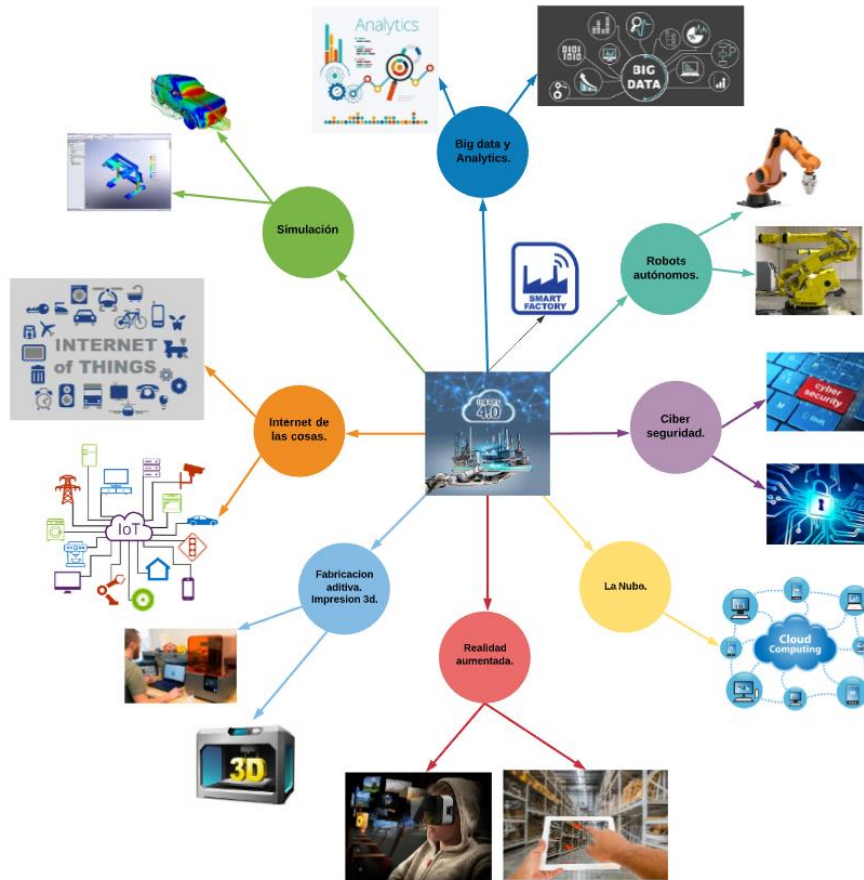
Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

industriales de alto rendimiento, almacenamiento de datos y potencia informática que se alojan de forma remota. Los recursos de la nube se agrupan virtualmente en varias ubicaciones y se administran mediante sistemas operativos de nube, plataformas de servicio y conjuntos de software dedicados.

Los usuarios disfrutan de una potencia de rendimiento y un almacenamiento de datos casi ilimitados en sistemas de nube especializados que se pueden adaptar a cada cliente individual. La gestión, la responsabilidad, la seguridad y el mantenimiento generalmente están a cargo de los proveedores. El cloud computing puede ser de tres tipos: público, privado o híbrido” (párr. 1-3).

En la Figura 12. se puede observar un resumen de toda esta información.

Figura 12
Industria 4.0



Fuente: Elaboración propia a partir de Joyanes, L., (2017).

4.6.5 Efectos de la cuarta revolución industrial en la gestión de las operaciones.











Al enfocarse en la cuarta revolución industrial, se puede observar que existen diversos nuevos elementos que pueden cambiar como se dirigen las operaciones y los resultados en función de la productividad, sostenibilidad, el efecto en la sociedad y el

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

impacto al ambiente. Por ejemplo, en la figura 13, se observan parte de los efectos de la industria 4.0 en las actividades laborales con base al estudio de Lorenz et al. (2015)., BCG (2020).

Figura 13

Efectos de la industria 4.0 en las empresas.

 <p>Big-Data-Driven Quality Control Algorithms based on historical data identify quality issues and reduce product failures</p>	 <p>Predictive Maintenance Remote monitoring of equipment permits repair prior to breakdown</p>
 <p>Robot-Assisted Production Flexible, humanoid robots perform other operations such as assembly and packaging</p>	 <p>Machines As a Service Manufacturers sell a service, including maintenance, rather than a machine</p>
 <p>Self-Driving Logistics Vehicles Fully automated transportation systems navigate intelligently within the factory</p>	 <p>Self-Organizing Production Automatically coordinated machines optimize their utilization and output</p>
 <p>Production Line Simulation Novel software enables assembly line simulation and optimization</p>	 <p>Additive Manufacturing of Complex Parts 3-D printers create complex parts in one step, making assembly redundant</p>
 <p>Smart Supply Network Monitoring of an entire supply network allows for better supply decisions</p>	 <p>Augmented Work, Maintenance, and Service Fourth dimension facilitates operating guidance, remote assistance, and documentation</p>

Fuente: Tomado de BCG (2020).

Básicamente, el uso de las nuevas tecnologías disruptivas permite una integración total de los dispositivos físicos y digitales, captura, procesamiento, almacenamiento de datos para su manipulación y uso según sea requerido. Con base a las lecturas y revisión de información de fuentes como Lorenz et al. (2015); industria40 (2020); Fuentes (2018); Joyanes (2017); Siemens (2020); Yokogawa (2020)., se habla de las fábricas inteligentes, es decir, digitalización de la producción, convertir los parámetros físicos en datos digitales (y viceversa) es fundamental, por ejemplo, en el caso del mantenimiento predictivo, el uso de sensores inteligentes en los equipos como motores, bombas hidráulicas, etc., permitirá predecir los tiempos de mantenimiento requerido, así como la posibilidad de falla o alertar de un mal funcionamiento que afecte la operación, esto

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

aunado al uso de las redes de comunicación, permite observar a distancia el estado de los equipos o realizar diagnósticos sin tener presencia física en el sitio entre, y si se involucra la inteligencia artificial a futuro, se tendrá un sistema de autodiagnóstico que tome decisiones basado en el estado del equipo sin requerir asistencia humana . El uso de robots en las líneas de producción permite hacer tareas repetitivas con alta precisión, a diferencia del operador humano, que tiende al cansancio, agotamiento y baja productividad, la eficiencia y efectividad también se incrementan, los robots pueden ser configurados para variar las funciones y acciones que requiere, adaptar dispositivos que les permitan llevar a cabo otras tareas permitiendo flexibilidad y velocidad en el proceso.

En el caso de Big data y analítica, se puede procesar gran cantidad de data histórica y tiempo real de los procesos, mercados, etc., y predecir las probabilidades de errores o fallas en la producción o procesos antes que ocurran, predecir tendencias del mercado, prever comportamiento de ventas en de un producto entre otros que permitan tomar acciones oportunas para evitar o minimizar los impactos negativos previstos, usando algoritmos de programación, permitiendo incluso reducir la cantidad de personas requeridas en las etapas de evaluación de la calidad (también permite crear nuevos puestos como científicos de datos por ejemplo) lo que influye en mayor productividad, alta calidad y menos costos , con menos recursos, personal etc. En referencia a la OECD (2019); se estima que un 20% de empleos en el sector manufacturero ha disminuido donde ciertas tareas son asumidas por robots o relocalizadas, el 14% de los puestos de trabajo actuales desaparecerán en el futuro como resultado de la automatización, mientras que es probable que un 32 % cambie radicalmente, (p.19), lo que se refiere que los nuevos puestos aún no han sido creados, por tanto, la preparación para el futuro, adquisición y retención de talento es fundamental para la dirección estratégica de las operaciones y responsabilidad social.

Tomando como base a Wilson (2018, p.167), se observa la necesidad de capacitar a las personas para comprender los procesos y los efectos de las decisiones en las

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

operaciones, tanto en la producción como en la productividad y eficiencia/rentabilidad de la empresa. Si se va más allá, al hacer uso de las nuevas tecnologías como sensores inteligentes, inteligencia artificial, robótica, esos problemas de cuello de botella se corrigen y se optimiza el proceso.

El uso de la computación en la nube permite entre otros reducir los espacios en lo que respecta al almacenamiento como el uso de grandes servidores locales, lo que influye en reducción de costos de consumo eléctrico, mantenimiento de servidores, contaminación ambiental, abaratamiento de las licencias de software, mejor control de la data y accesos, acceso en cualquier lugar y trabajo remoto, entre otros (Joyanes, L 2015).

4.6.6 Limitaciones y consecuencias del uso de las tecnologías 4.0

El uso de las nuevas tecnologías puede ayudar en gran medida a las organizaciones a desarrollarse, ser sostenibles y cumplir con los objetivos de cuidado ambiental, responsabilidad social y prosperidad económica, sin embargo, estas tecnologías traen también limitaciones y consecuencias como indica el CONPES (2019), ANDI, (2019), consisten en:

- Mayor entrenamiento y capacitación del personal, pérdida de puestos de trabajo. Retención y gerenciamiento del talento humano.
- Creación de puestos de trabajo nuevos o diversificación de la mano de obra, personal multitareas puede verse complicado por las condiciones del país y su adaptación a las nuevas tecnologías (científicos de datos, operadores de drones, etc.).
- Las Pymes, deben evaluar su integración y sostenibilidad a futuro.

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

- Crecimiento de la desigualdad de las sociedades, conflictos, fracturas, necesidad de una transformación en la organización, adaptar o cambiar hacia la digitalización.
- El poder en manos de quien tiene mayor posibilidad de innovación y recursos, dificultad o imposibilidad de adaptación a las nuevas tecnologías o métodos de las empresas. Figura 14, tomado de Siemens (2020). Se observa todo lo antes evaluado con respecto a la integración e interacción de los componentes de la industria 4.0 y la fábrica inteligente.

Figura 14
Industria 4.0 y Smart Factory



Fuente: Tomado de Siemens (2020).

5 Diseño preliminar de la investigación.

En revisión de la documentación propuesta, se puede definir lo siguiente: el enfoque de la investigación es del tipo mixto, implica la recolección y análisis de datos tanto cuantitativos como cualitativos, así como su integración y discusión conjunta para

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

realizar inferencias producto de toda la información recabada (Hernández y Mendoza, 2018).

En cuanto al diseño, la investigación es del tipo no experimental, según Hernández y Mendoza, (2018) en este tipo de investigación “Se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos”. (p. 175), el cual es nuestro caso, dado que fungimos de observadores del o los fenómenos sin manipular deliberadamente variables, “no generaremos ninguna situación, observaremos las situaciones ya existentes que no han sido provocadas en la investigación que se realiza”.

A su vez, la investigación tiene un diseño transeccional, según Hernández y Mendoza, (2018) “los diseños de investigación transeccional o transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único”, su propósito es: “analizar la incidencia de determinadas variables, así como su interrelación en un momento, lapso o periodo”, “Describir variables en un momento dado” y “evaluar una situación, comunidad, evento, fenómeno o contexto en un punto del tiempo”. (p.176)

En la presente investigación, se evaluará la variable “implementación de tecnologías 4.0” junto a otro conjunto de variables relacionadas como “barreras”, “retos”, “tecnologías 4.0”, “Lean”, “seguridad de la información”, “beneficios”, “medios de comunicación”, “inversión”, “capacitación”, “conocimiento”, “medios de comunicación de la información”, en un punto del tiempo, a efectos de la investigación, entre los años 2015 y 2020, en la ciudad de Bogotá, Colombia, con los datos que se puedan obtener a partir de las encuestas manufactureras EAM (DANE, 2019) y encuesta del uso de las TIC en la industria manufacturera (MINTIC, 2019), así como una encuesta de elaboración propia (Borjas, H. y Hurtado, M., 2023), por lo que se utilizó también una

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

parte de investigación documental que consistirá en revisión de documentos de entidades u organismos gubernamentales, privados, con datos fiables y verificables como la cámara de comercio de Bogotá, Confecámaras, DANE, MINTIC, cuyos datos se analizarán y utilizarán para obtener respuesta a las interrogantes planteadas en la investigación..

Con respecto al alcance de la investigación, se ha definido que será transversal y su alcance será exploratorio, según (Hernández y Mendoza, 2018), este tipo de diseño es útil para “comenzar a conocer una variable o un conjunto de variables, una comunidad, un contexto, un evento, una situación. Se trata de una exploración inicial en un momento específico. Por lo general, se aplican a problemas de investigación nuevos o poco conocidos; además, constituyen el preámbulo de otros diseños (no experimentales y experimentales)”. En efecto, en esta investigación se evaluó la implementación de tecnologías 4.0, y se buscó describir cuál es su estado actual en las empresas del sector manufacturero de Bogotá, tema que ha sido muy poco estudiado.

5.1 Definición de Variables

A continuación, se definirán las variables de forma conceptual y operacional.

5.1.1 Definición conceptual.

- **Variable 1, Barreras.** Son las limitaciones a las cuales se enfrentan las organizaciones al momento de cumplir objetivos.
- **Variable 2, Retos.** Son los objetivos que impulsan o motivan a las organizaciones en su continuo crecimiento y desarrollo, con un nivel de dificultad que constituye un desafío para llevarlos a cabo.
- **Variable 3, Implementación de Tecnologías industria 4.0.** Se define como la digitalización de sistemas y procesos industriales, y su interconexión mediante el

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

internet de las cosas y otras tecnologías disruptivas de la industria 4.0 para conseguir una mayor flexibilidad e individualización de los procesos productivos.

- **Variable 4, Lean.** Es la metodología o sistema de gestión sobre como operar un negocio, con el fin de eliminar desperdicios, permitiendo reducir costos y mejorar la calidad de servicios y procesos organizacionales.
- **Variable 5, Beneficios.** Es la ganancia que se obtiene de un negocio, adopción o implementación.
- **Variable 6, Medios de comunicación.** Corresponde a los medios con los cuales la empresa obtiene y comparte información con sus clientes y proveedores, así como su almacenamiento y distribución.
- **Variable 7, Conocimiento.** Se refiere a la manera de procesar la información, las percepciones, creencias y valores que tienen los individuos para resolver problemas.
- **Variable 8, Capacitación.** Es una actividad educativa que fomenta el desarrollo de las capacidades humanas otorgando conocimientos.
- **Variable 9, Tecnologías industria 4.0.** Corresponde a las tecnologías disruptivas de la cuarta revolución industrial como big data, cloud computing entre otras que son utilizadas o están disponibles en la empresa como parte de la transformación digital de la industria.
- **Variable 10, Inversión.** En función de la empresa se refiere a comprar, adquirir las nuevas tecnologías de la industria 4.0 para obtener beneficios a nivel financiero, operacional entre otros.
- **Variable 11, Seguridad de la información.** Es un conjunto de procedimientos y herramientas de seguridad que protegen ampliamente la información confidencial

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

de la empresa frente al uso indebido, acceso no autorizado, interrupción o destrucción.

- **Variable 12, Medios de gestión de la información.** Se refiere al procesamiento de datos e información en la organización, su recolección, almacenamiento, distribución, análisis.

5.1.2 Definición operacional.

Para la medición del estado actual e implementación de las tecnologías 4.0, se utilizarán fuentes de información confiables, tanto gubernamentales como relativas a las industrias y comercio de Colombia. Organismos como la DANE (2019) ofrece datos del estado actual de las empresas de manufactura a través de la encuesta anual manufacturera (EAM), así como también información del uso de las TIC en las industrias. El ministerio de tecnología de la información, (MINTIC), posee información importante del estado actual de las tecnologías 4.0 en Colombia. Se hace uso de una única encuesta propia que permitirá recolectar información importante actualizada para el análisis. En la tabla 1 se observa la definición conceptual, operacional, indicador, instrumento y descripción de las variables utilizadas en la investigación.

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

Tabla 1
Conceptualización y operacionalización de variables

Variable	Descripción	Descripción conceptual.	Indicador	Instrumento	Descripción operacional
1	Barreras	Son las limitaciones a las cuales se enfrentan las organizaciones al momento de cumplir objetivos.	Porcentaje de limitantes encontrados.	Encuesta.	Permite conocer las limitaciones que enfrenta la empresa para lograr implementar las tecnologías de la industria 4.0 con éxito
2	Retos	Son los objetivos que impulsan o motivan a las organizaciones en su continuo crecimiento y desarrollo, con un nivel de dificultad que constituye un desafío para llevarlos a cabo.	Porcentaje de retos afrontados.	Encuesta.	Permite conocer cuales son las oportunidades que afronta la empresa para su integración a las tecnologías de la industria 4.0.
3	Implementación industria 4.0	Se define como la digitalización de sistemas y procesos industriales, y su interconexión mediante el internet de las cosas y otras tecnologías disruptivas de la industria 4.0 para conseguir una mayor flexibilidad e individualización de los procesos productivos.	Porcentaje de implementación.	Encuesta.	Permite conocer si la empresa se ha integrado o no a la industria 4.0
4	Lean	Es la metodología o sistema de gestión sobre como operar un negocio, con el fin de eliminar desperdicios, permitiendo reducir costos y mejorar la calidad de servicios y procesos organizacionales.	Porcentaje de aplicación.	Encuesta.	Permite conocer si la empresa aplica la metodología Lean en sus procesos.
5	Beneficios esperados	Es la ganancia que se obtiene de un negocio, adopción o implementación.	Porcentaje de satisfacción	Encuesta.	Permite conocer si existen beneficios en la implementación de las tecnologías de la industria 4.0
6	Medios de comunicación	Corresponde a los medios con los cuales la empresa obtiene y comparte información con sus clientes y proveedores, así como su almacenamiento y distribución.	Porcentaje de medios utilizados.	Encuesta.	Permite conocer los medios por los cuales la empresa obtiene y comparte información con sus clientes y proveedores.
7	Conocimiento	Se refiere a la manera de procesar la información, las percepciones, creencias y valores que tienen los individuos para resolver problemas.	Porcentaje de conocimiento.	Encuesta.	Permite verificar el nivel de conocimiento de la industria 4.0 del personal de la empresa.
8	Capacitación.	Es una actividad educativa que fomenta el desarrollo de las capacidades humanas otorgando conocimientos.	Porcentaje de capacitación.	Encuesta.	Permite conocer si la empresa brinda entrenamiento, capacitación al personal acerca de la industria 4.0 así como otras tecnologías relacionadas
9	Tecnologías industria 4.0	Corresponde a las tecnologías disruptivas de la cuarta revolución industrial como big data, cloud computing entre otras que son utilizadas o están disponibles en la empresa como parte de la transformación digital de la industria.	Porcentaje de tecnologías 4.0 utilizadas.	Encuesta.	Busca conocer si la empresa posee alguna o todas las tecnologías de la industria 4.0 (IOT, Big data, Cloud computing, IA, etc.)
10	Inversión	en función de la empresa se refiere a comprar, adquirir las nuevas tecnologías de la industria 4.0 para obtener beneficios a nivel financiero, operacional entre otros.	Porcentaje de inversión previsto.	Encuesta.	La empresa invierte o piensa invertir en un futuro próximo en tecnologías de la Industria 4.0
11	Seguridad de la información	es un conjunto de procedimientos y herramientas de seguridad que protegen ampliamente la información confidencial de la empresa frente al uso indebido, acceso no autorizado, interrupción o destrucción.	Porcentaje de utilización.	Encuesta.	La empresa dispone de medios de protección de la información
12	Medios de gestión de la información.	Se refiere al procesamiento de datos e información en la organización, su recolección, almacenamiento, distribución, análisis.	Porcentaje de utilización	Encuesta.	Permite conocer el porcentaje de utilización de medios de gestión de datos e información.

Fuente: Elaboración propia.

5.2 Revisión Documental preliminar.

Relativo a las Pymes manufactureras de Bogotá, específicamente las tecnologías 4.0, se utiliza como principal base de datos fuentes reconocidas de internet, análisis de bases de datos de la universidad EAN, Minerva, EBSCO, Confecámaras, DANE, MINTIC, entre otras fuentes como Google academic, Harvard Business review, McKinsey, EMIS, SCOPUS etc., buscando principalmente contenido de producción científicas, verificables, fuentes confiables y data accesible, con autor, título, fecha de edición, enfocados en el tema de estudio. Se realiza un filtro en las bases de datos y fuentes de internet, especificando las palabras claves como “Tecnologías 4.0” + “Pymes Sector manufacturero” + “Bogotá”, a su vez lo relacionado a la implementación, de forma

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

tal de limitar el número de documentos que aporten información útil a la investigación y descartando aquellos que no tienen valor directo, obteniéndose solamente 4 documentos relevantes, por lo que se modifica la búsqueda , usando otras palabras claves como “Industria 4.0”, “implementación”, “Pymes”, “sector manufacturero”, “ Bogotá”, de forma individual y en conjunto tanto en idioma inglés como en español.

5.2.1 Resultados del análisis de la revisión documental preliminar.

Durante la revisión documental de aproximadamente 3 meses, se ubicaron un total de 701 documentos, los cuales fueron clasificados con base a su respectivo aporte, descartando aquellos que no cumplen con el contenido requerido, clasificando y obteniendo al final los documentos como se observa en la tabla 2 sobre el tema.

Tabla 2
Documentos analizados durante la investigación

Base de datos	Ecuación de búsqueda	Documentos encontrados	Documentos relativos a la investigación.
Scopus	TITLE-ABS-KEY (manufacturing industries) AND TITLE-ABS-KEY (industry 4.0) AND TITLE-ABS-KEY (implementation) AND TITLE-ABS-KEY (smes)	161	36
Google académico	industria 4.0 pymes sector manufactura "bogota"	440	10
Science direct	(industry 4.0) AND (Manufacturing sector) AND (SMEs) AND (COLOMBIA)	100	12

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 3, se observa un ejemplo de algunos documentos que se analizaron como fuente de la información y referencia de datos, que tienen algún valor en la investigación o fueron descartados posteriormente.

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

Tabla 3
Instrumento de recolección de datos en la investigación

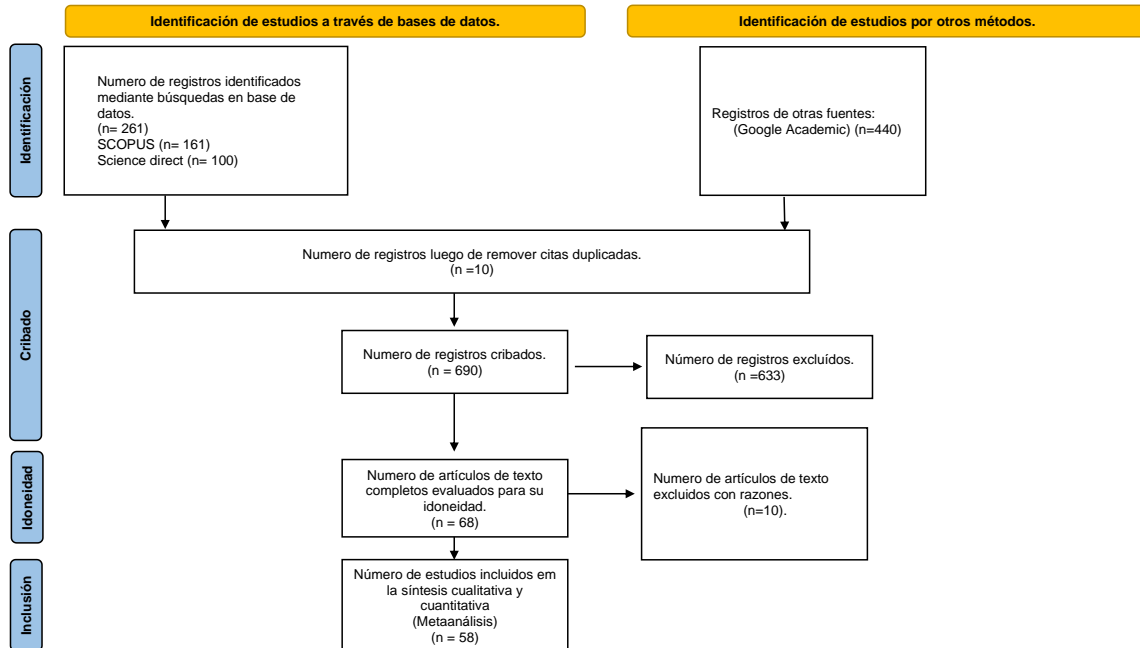
Registro	Tipo de documento	País	Referencia	Tipo	Resumen y utilidad de la información en la investigación.
1	Tesis	Colombia	Higuera, C et al., 2020	Tema	la implementación de las tecnologías 4.0 en las Pymes manufactureras, nos permite rescatar la encuesta realizada a las empresas locales y otra información sobre la competitividad y productividad que en conjunto con el resto de datos , nos permite realizar comparaciones, analisis, evaluar factores y tendencias.
2	Tesis	Colombia	López, D. R., et al. (2020).	Complemento	La transformación digital en las pymes manufactureras de Colombia, permite evaluar los aportes en la cadena de suministro que influyen a su vez en la productividad y optimización de los procesos de las Pymes manufactureras en general.
3	Documento web	Colombia	DANE, (2020).	Tema	Encuesta Anual manufacturera 2019, con ella se permite obtener valores importantes del sector manufactura que implican capital, empleados, costos, producción, estado de tecnologías a través de los activos . Con estos valores se puede calcular el comportamiento y estado actual de las Pymes manufactureras y como ha evolucionado cuando correlacionemos con los datos de otras fuentes a su vez, nos aporta valores como numero de empleados, tiempos de ejecución, los sectores productivos, que nos
4	Documento web	Colombia	Confecámaras, (2019)	Tema	Los valores de producción, exportación, importación, activos, creación de empresas, cantidad de empresas habilitadas, cerradas, entre otros datos que nos permiten correlacionar con los datos de la DANE y otras fuentes para evaluar el efecto en la productividad.
5	Documento web	Colombia	MinTIC (2021)	Complemento	Las estadísticas de las tecnologías de información, permiten conocer el estado actual de la implementación de nuevas tecnologías, al igual que la información de la DANE es muy útil para correlacionar la implementación de nuevas tecnologías en las industrias manufactureras a través de Productividad total de los factores, nos permite conocer como ha sido el comportamiento de la productividad industrial en la industria colombiana. Con estos valores podremos extraer información
6	Documento web	Colombia	DANE, (2020).	Tema	importante que junto al resto de parámetros nos permiten evaluar una serie de parámetros que involucran aparte de la productividad , la implementación den nuevas tecnologías, activos existentes, empresas operativas, etc., para predecir como seria el comportamiento de la productividad al implementar las
7	Documento web	Colombia	ANDI, (2020)	Tema	La encuesta de transformación digital nos permite obtener datos importantes de la encuesta efectuada a las empresas del sector , con los que podremos tomar datos importantes de implementación, estado actual del conocimiento y oportunidades para la implementación de las tecnologías 4.0 así como la parte de Big data, producción, que junto al resto de datos obtenidos de la DANE, Cámara de comercio , encuestas
8	Documento web	Colombia	Cámara de comercio de Bogotá, (2020)	Tema	particulares, permite formar una mejor idea de análisis del estado actual de la tecnología 4.0 en las Pymes Encuesta Pyme, cámara de comercio de Bogotá, información de datos relacionados a las industrias que hacen vida en Bogotá, datos importantes para correlacionar y evaluar con el resto de documentos relativos a la industria manufacturera de Bogotá, nos permite conocer entre otros mas información de activos, costos, producción, empresas activas y canceladas entre otros.

Fuente: Elaboración propia de los autores.

Con base a la documentación procesada de las diversas bases de datos y sitios Web, se realiza una depuración de contenidos utilizando el método PRISMA (Moher et al., 2009) como se muestra en la figura 15.

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

Figura 15
Proceso de filtrado de documentos

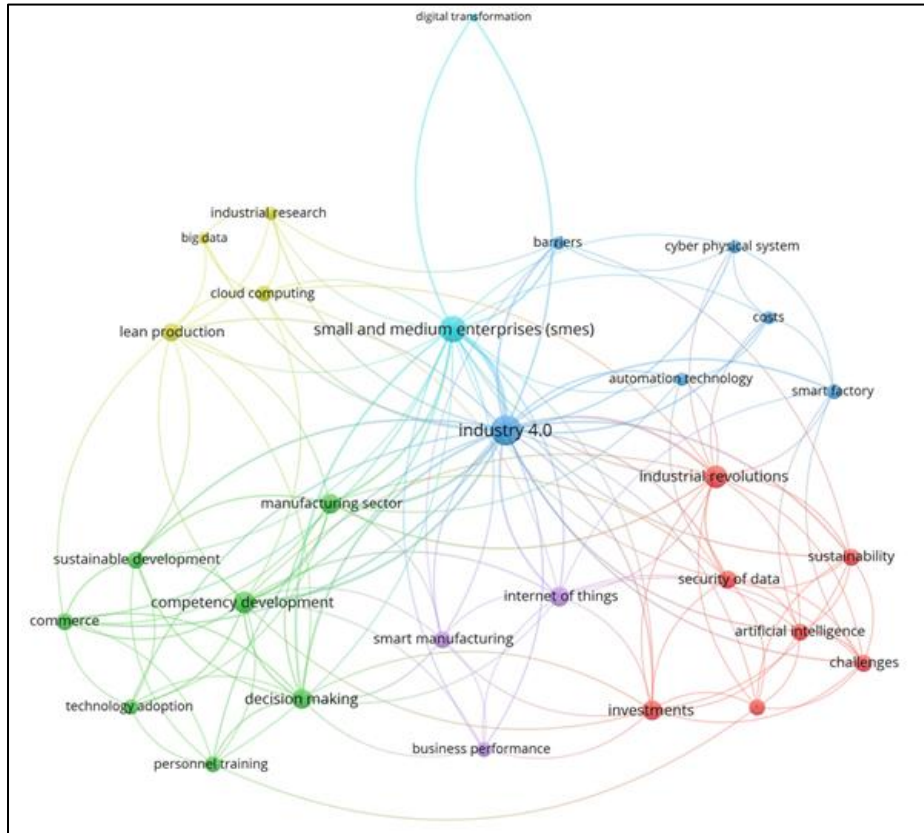


Fuente: Elaboración propia a partir de Moher et al, (2009).

Posteriormente, con los documentos obtenidos, usando el método PRISMA, se procede a establecer relaciones de términos comunes críticos en la investigación, haciendo uso del software Vosviewer Ver 1.6, resultando un mapa bibliométrico como se muestra en la figura 16.

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

Figura 16
Relación de términos comunes en la investigación



Fuente: Elaboración propia de los autores

El resultado obtenido luego de una exhaustiva revisión y tratamiento de los datos fueron 5 clústeres de 31 ítems, que representan los conceptos claves reflejados como círculo de un color particular, siendo el tamaño, un indicativo de su valor o importancia que permite comprender el enfoque de las investigaciones a nivel mundial, por ejemplo el tema principal industria 4.0 , Pymes (SME´s en inglés), la relación que guardan el entrenamiento de personal, desarrollo de tecnologías, toma de decisiones, revolución industrial, sector manufactura, barreras, retos, etc.

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

Con esta información, se realizó una tabla en la que se representa cada concepto clave al que se le dio una ponderación respectiva de 1 punto (en escala de 1 a 5) a cada una dependiendo si se encuentra listada en los diversos documentos claves relativos a modelos de implementación e integración de las tecnologías de la industria 4.0 en las Pymes estudiados, así como su peso dentro de la investigación con base al criterio de los autores en función de la revisión documental realizada, de forma tal de poder seleccionar aquellos conceptos relacionados al tema de investigación y que a su vez ayudaran a responder las preguntas en la misma.

En la tabla 4, se puede observar la relación de las variables en los documentos analizados por modelos de autores escogidos luego del análisis realizado.

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

Tabla 4
Relaciones de variables con publicaciones y modelos de autores

	AUTORES														
	Onu & Mbohwa	Mittal et al	Soni et al	Jayashree & Reza	Müller et al	Avila & Gil	Ghadi mi et al	Amaral & Pec	Azariadis et al	Mahdiraji et al	Estensoro et al	Kolla et al	Centea et al	Han & Trimi	Dossou et al
Automatización tecnológica	x					x							x	x	x
Comercio					x										x
Desarrollo de competencias		x		x	x				x		x		x		
Costos			x		x		x		x				x		x
Toma de decisiones			x	x											x
Tecnologías digitales	x	x				x		x					x	x	
Digitalización	x			x				x						x	x
Investigación industrial				x		x		x	x	x			x		
Revolución industrial								x							
Industria 4.0	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Inversión			x	x						x	x		x	x	x
Producción LEAN										x		x			
Industrias manufactureras						x	x		x		x				
Procesos manufactureros									x						
Sector manufacturero		x		x		x	x		x						
Entrenamiento del personal		x		x	x				x			x	x		
Seguridad de los datos						x		x							x
SMEs	x	x			x	x		x	x		x		x	x	x
Desarrollo sostenible	x	x		x	x					x	x				
Desarrollo tecnológico	x					x		x	x		x		x	x	x
Adopción de tecnología	x				x	x		x	x		x		x	x	x
Computación en la nube						x							x	x	
Internet de las cosas IOT		x				x							x	x	
Retos	x	x	x		x			x	x		x		x	x	x
Barreras	x	x			x			x	x		x		x	x	
Big data	x		x							x				x	
Fabricación inteligente		x				x									
Fabricas inteligentes	x					x									
Desarrollo del negocio		x			x			x	x		x				x
Inteligencia artificial	x								x						
Sistemas cyber físicos	x					x							x		

Fuente: Elaboración propia de los autores.

Del resultado obtenido se puede concluir, que existen diversos términos relacionados a los modelos evaluados, varios de los cuales se repiten en la mayoría, por ejemplo se destacan la adopción de tecnologías relacionado en 9 de 15 modelos, retos (10 de 15 modelos), industria 4.0 (15 de 15 modelos), entrenamiento del personal (6 de 15 modelos), pequeñas y medianas empresas (SME's) (10 de 15 modelos), costos (6 de 15 modelos), mientras que otras variables no tiene una mayor relación con los modelos como comercio apenas 2 de 15 modelos, fabricas inteligentes (2 de 15 modelos) etc.

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

Teniendo en cuenta la tabla 6, junto al análisis efectuado de Brozzi et al. (2020); Müller et al. (2021); Mittal et al. (2018), entre otros; así como aporte propio, se definen las dimensiones en las cuales se evaluarán las variables que darán respuestas a las preguntas de la investigación relacionadas al estado actual de implementación de la industria 4.0 en las Pymes manufactureras de Bogotá a través de la encuesta a realizar.

En la tabla 5, se aprecia el resultado final de las variables con su descripción y fuentes en función de las dimensiones encontradas a partir del análisis de la tabla 4 así como el criterio de los investigadores con base a los requerimientos de la investigación. Estas variables se utilizarán en la encuesta a realizar para poder conocer su impacto o efecto en las preguntas de la investigación junto a la documentación respectiva.

Tabla 5
Dimensiones y variables obtenidas

Dimensión	Variable	Descripción de la variable	Fuente
Estrategia	Barreras	Permite conocer las limitaciones que enfrenta la empresa para lograr implementar las tecnologías de la industria 4.0 con éxito	Encuesta, Centea et al., (2020)., Mittal et al, (2018)., Muller et al, (2021).
	Retos	Permite conocer cuales son las oportunidades que afronta la empresa para su integración a las tecnologías de la industria 4.0.	Encuesta, Onu & Mbohwa, (2021)., Mittal et al, (2018), Soni et al, (2022), Dossou et al, (2022).
	Implementación industria 4.0	Permite conocer si la empresa se ha integrado o no a la industria 4.0	Encuesta, Soni et al, (2022)., Ghadimi et al, (2022)., Centea, (2020).
	Lean	Permite conocer si la empresa aplica la metodología Lean en sus procesos.	Encuesta, Kolla et al, (2019).
	Beneficios esperados	Permite conocer si existen beneficios en la implementación de las tecnologías de la industria 4.0	Encuesta, Jayashree et al, (2021).,
Clientes	Medios de comunicación	Permite conocer los medios por los cuales la empresa obtiene y comparte información con sus clientes y proveedores.	Encuesta, Han & Trimi, (2021)., Amaral & Pecas, (2021).
Gestión del conocimiento	Conocimiento	Permite verificar el nivel de conocimiento de la industria 4.0 del personal de la empresa.	Encuesta, Estensoro et al, (2022), Jayashree et al, (2021)., Estensoro, (2022).
	Capacitación.	Permite conocer si la empresa brinda entrenamiento, capacitación al personal acerca de la industria 4.0 así como otras tecnologías relacionadas	Encuesta, Centea et al., (2020)., Mittal et al, (2018)., Muller et al, (2021)., Estensoro, (2022).
Requerimientos tecnológicos	Tecnologías industria 4.0	Busca conocer si la empresa posee alguna o todas las tecnologías de la industria 4.0 (IOT, Big data, Cloud computing, IA, etc.)	Encuesta, Azariadis et al, (2021), Onu & Mbohwa, (2021)., Ghadimi et al, (2022).
	Inversión	La empresa invierte o piensa invertir en un futuro próximo en tecnologías de la Industria 4.0	Encuesta, Soni et al, (2022)., Mahdiraji et al, (2022).
Gestión de la información.	Seguridad de la información	La empresa dispone de medios de protección de la información	Encuesta, Han & Trimi, (2022)., Amaral & Pecas, (2021).
	Medios de gestión de la información.	La empresa dispone de medios de recolección, almacenamiento, distribución, análisis de los datos e información.	Encuesta, Han & Trimi, (2022)., Amaral & Pecas, (2021), Brozzi & Matt, (2020)

Fuente: Elaboración propia de los autores.

Al disponer de las variables, se procedió a crear la encuesta necesaria para la recolección de los datos, la cual consiste en 18 preguntas, que indagan y tienen la finalidad de capturar información fundamental que será analizada y evaluada haciendo

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

uso de software especializado para dar respuesta a las interrogantes de investigación planteadas relativas al estado actual de implementación de las tecnologías de la industria 4.0 en las Pymes manufactureras de Bogotá.

5.3 Encuesta.

La encuesta elaborada consta de 18 preguntas, las cuales tiene como finalidad obtener datos fundamentales en el desarrollo de la investigación, dando luego de su respectivo análisis, conclusiones y solución a la pregunta de la investigación planteada sobre el estado actual de la implementación de la industria 4.0 en las pymes manufactureras de Bogotá, así como poder documentar las limitaciones , barreras, necesidades encontradas en la integración de las pymes manufactureras en estas tecnologías de la industria 4.0 y cuáles de estas se encuentran actualmente en uso, así como el uso que le dan. Las preguntas fueron realizadas con base al análisis documental, variables críticas encontradas con mayor ponderación y relativas al tema de la investigación, usando a su vez criterio de los autores que permitió agrupar y resumir el contenido. Se disponen preguntas que permiten conocer datos fundamentales sobre el tipo de sector manufacturero, cantidad de empleados, persona que responde la encuesta, nivel de conocimiento de las tecnologías de industria 4.0, capacitación empresarial, tecnologías de la industria 4.0 que se utilizan en la organización, beneficios, limitaciones en la implementación de dichas tecnologías entre otros. En su estructura se encuentran las preguntas 1,2 y 3, relacionadas a la organización, sector al que pertenece, función de la persona que completa la encuesta y la cantidad de personas que laboran en ella. Las preguntas 4,5 y 6 están orientadas a conocer acerca del conocimiento que tiene el encuestado acerca de la tecnología 4.0 y si ha tenido alguna capacitación al respecto. Las preguntas 7 a 13, están orientadas a la implementación de las tecnologías 4.0 en la organización, cuales están implementadas, limitaciones, beneficios obtenidos, que se requiere para implementarlas con éxito, considera que son

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

necesarias y el porcentaje de presupuesto a invertir en su implementación. Las preguntas 14 a 18, recolectan información acerca del procesamiento de datos, seguridad, tratamiento y comunicación de la información y uso de metodología LEAN. En el anexo de este documento se pueden observar las preguntas y el formato de encuesta utilizado.

En la tabla 6 se puede observar a qué variables responden las preguntas formuladas junto con las fuentes de información primarias consultadas.

Tabla 6
Preguntas de la encuesta que responden a las variables

Dimensión	Variable	Descripción de la variable	Fuente	Pregunta de la encuesta.
Estrategia	Barreras	Permite conocer las limitaciones que enfrenta la empresa para lograr implementar las tecnologías de la industria 4.0 con éxito	Encuesta, Centea et al., (2020), Mittal et al, (2018), Muller et al, (2021).	8, 10
	Retos	Permite conocer cuales son las oportunidades que afronta la empresa para su integración a las tecnologías de la industria 4.0.	Encuesta, Onu & Mbohwa, (2021), Mittal et al, (2018), Soni et al, (2022), Dossou et al, (2022).	12
	Implementación industria 4.0	Permite conocer si la empresa se ha integrado o no a la industria 4.0	Encuesta, Soni et al, (2022), Ghadimi et al, (2022), Centea, (2020).	7, 11
	Lean	Permite conocer si la empresa aplica la metodología Lean en sus procesos.	Encuesta, Kolla et al, (2019).	18
	Beneficios esperados	Permite conocer si existen beneficios en la implementación de las tecnologías de la industria 4.0	Encuesta, Jayashree et al, (2021),.	9, 11
Cientes	Medios de comunicación	Permite conocer los medios por los cuales la empresa obtiene y comparte información con sus clientes y proveedores.	Encuesta, Han & Trimi, (2022), Amaral & Pecas, (2021).	14
Gestión del conocimiento	Conocimiento	Permite verificar el nivel de conocimiento de la industria 4.0 del personal de la empresa.	Encuesta, Estensoro et al, (2022), Jayashree et al, (2021), Estensoro, (2022).	4, 5, 6
	Capacitación.	Permite conocer si la empresa brinda entrenamiento, capacitación al personal acerca de la industria 4.0 así como otras tecnologías relacionadas	Encuesta, Centea et al., (2020), Mittal et al, (2018), Muller et al, (2021), Estensoro, (2022).	5, 6
Requerimientos tecnológicos	Tecnologías industria 4.0	Busca conocer si la empresa posee alguna o todas las tecnologías de la industria 4.0 (IOT, Big data, Cloud computing, IA, etc.)	Encuesta, Azariadis et al, (2021), Onu & Mbohwa, (2021), Ghadimi et al, (2022),	7
	Inversión	La empresa invierte o piensa invertir en un futuro próximo en tecnologías de la industria 4.0	Encuesta, Soni et al, (2022), Mahdiraji et al, (2022).	13
Gestión de la información.	Seguridad de la información	La empresa dispone de medios de protección de la información	Encuesta, Han & Trimi, (2022), Amaral & Pecas, (2021).	18
	Medios de gestión de la información.	La empresa dispone de medios de recolección, almacenamiento, distribución, análisis de los datos e información.	Encuesta, Han & Trimi, (2022), Amaral & Pecas, (2021), Brozzi & Matt, (2020)	15, 16, 17

Fuente: Elaboración propia de los autores.

La encuesta permite comprender a su vez que factores tanto internos como externos influyen en la implementación de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá, para ello se consideraran como factores internos aquellos relacionados directamente a la organización, esto es: entrenamiento y capacitación que brinda la organización a sus empleados, planes de inversión en la implementación de las tecnologías 4.0, ventajas o beneficios que consideran brindara el uso de estas tecnologías, necesidad de implementarlas, tecnologías 4.0 actualmente en uso en la

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

organización, mientras que los factores externos se consideraran como aquellos relacionados a requerimientos para implementar con éxito las tecnologías 4.0 así como limitaciones o barreras tanto a nivel económico como apoyo externo (gobierno, instituciones, otros sectores productivos, entes financieros y crediticios).

Se realizó la validación de la misma a través de un grupo de 7 expertos, incluyendo profesores de la Universidad EAN, los cuales evaluaron a través de una herramienta de validación todas las cuestiones, aportando comentarios y mejoras en cada uno. La escala utilizada tipo Likert en función de la suficiencia, claridad, coherencia, importancia y pertinencia de cada una en la encuesta.

Aplicando a los resultados obtenidos el criterio de la V de Aiken para cada cuestión, se constató que cada pregunta era adecuada y fue validada para ser implementada en la encuesta a ser realizada. En la tabla 7 se puede apreciar el resultado de la validación obtenida.

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

Tabla 7
Validación de instrumento de medición. V de Aiken resultante

VALIDACIÓN INSTRUMENTO DE MEDICIÓN - V DE AIKEN													
TÍTULO DEL PROYECTO													
Nombre del Evaluador:		Cargo del evaluador:				Fecha de aplicación: DD/MM/AA							
<p>INSTRUCCIONES: Para validar el instrumento requerido en el presente estudio, se han identificado una serie de variables y un grupo preguntas que las describen. Califique cada una de las preguntas formuladas siendo 1 totalmente de acuerdo y 0 totalmente en desacuerdo, en relación a su grado de claridad, pertinencia y relevancia. Por favor tenga en cuenta las siguientes definiciones:</p> <p>Claridad: la pregunta está correctamente redactada y es fácil de comprender por el evaluador. Pertinencia: la pregunta permite medir con precisión la variable identificada. Relevancia: se evidencia un enfoque teórico adecuado en la redacción de la pregunta.</p>													
		A. Barreras				EVALUADOR1	EVALUADOR2	EVALUADOR3	EVALUADOR4	EVALUADOR5	EVALUADOR6	EVALUADOR7	V DE AIKEN
Preguntas	1	8. ¿Considera Ud. necesaria la implementación de estas tecnologías en su empresa?				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	2	10. ¿Que factor o factores representan para su empresa una limitación para implementar las tecnologías 4.0?				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
		B. Retos.				EVALUADOR1	EVALUADOR2	EVALUADOR3	EVALUADOR4	EVALUADOR5	EVALUADOR6	EVALUADOR7	V DE AIKEN
Preguntas	1	12. ¿Qué cree Ud. que se requiere para implementar con éxito las tecnologías 4.0 en su empresa?				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
		C. Implementación industria 4.0				EVALUADOR1	EVALUADOR2	EVALUADOR3	EVALUADOR4	EVALUADOR5	EVALUADOR6	EVALUADOR7	V DE AIKEN
Preguntas	1	7. ¿Cuál de estas tecnologías se encuentran actualmente aplicadas en su empresa?				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	2	11. ¿Que beneficios le ha aportado la implementación de tecnologías 4.0 a su empresa?				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
		D. LEAN.				EVALUADOR1	EVALUADOR2	EVALUADOR3	EVALUADOR4	EVALUADOR5	EVALUADOR6	EVALUADOR7	V DE AIKEN
Preguntas	1	18. ¿Qué porcentaje cree Ud. que la organización aplica la metodología LEAN en sus procesos, siendo ninguno 0% y completamente 100%?				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
		E. Beneficios esperados.				EVALUADOR1	EVALUADOR2	EVALUADOR3	EVALUADOR4	EVALUADOR5	EVALUADOR6	EVALUADOR7	V DE AIKEN
Preguntas	1	9. ¿Qué beneficios cree Ud. aportaría a su empresa la implementación de estas tecnologías?				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	2	11. ¿Que beneficios le ha aportado la implementación de tecnologías 4.0 a su empresa?				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
		F. Medios de comunicación.				EVALUADOR1	EVALUADOR2	EVALUADOR3	EVALUADOR4	EVALUADOR5	EVALUADOR6	EVALUADOR7	V DE AIKEN
Preguntas	1	14. ¿Qué medios utiliza para obtener información de clientes y proveedores?				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
		G. Conocimientos.				EVALUADOR1	EVALUADOR2	EVALUADOR3	EVALUADOR4	EVALUADOR5	EVALUADOR6	EVALUADOR7	V DE AIKEN
Preguntas	1	4. ¿Cuáles de las siguientes tecnologías de la industria 4.0 conoce Ud.?				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	2	5. ¿Cuál es el nivel de conocimiento que tiene acerca de estas tecnologías? Siendo 0, ningún conocimiento y 5, excelente.				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	3	6. ¿Ha recibido algún entrenamiento o capacitación en tecnologías de la industria 4 por parte de la empresa?				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
		G. Capacitación.				EVALUADOR1	EVALUADOR2	EVALUADOR3	EVALUADOR4	EVALUADOR5	EVALUADOR6	EVALUADOR7	V DE AIKEN
Preguntas	1	5. ¿Cuál es el nivel de conocimiento que tiene acerca de estas tecnologías? Siendo 0, ningún conocimiento y 5, excelente.				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	2	6. ¿Ha recibido algún entrenamiento o capacitación en tecnologías de la industria 4 por parte de la empresa?				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
		G. Tecnologías 4.0.				EVALUADOR1	EVALUADOR2	EVALUADOR3	EVALUADOR4	EVALUADOR5	EVALUADOR6	EVALUADOR7	V DE AIKEN
Preguntas	1	7. ¿Cuál de estas tecnologías se encuentran actualmente aplicadas en su empresa?				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
		G. Inversión.				EVALUADOR1	EVALUADOR2	EVALUADOR3	EVALUADOR4	EVALUADOR5	EVALUADOR6	EVALUADOR7	V DE AIKEN
Preguntas	1	13. ¿Qué porcentaje del presupuesto anual de la organización se planea invertir en estas tecnologías 4.0?				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
		G. Seguridad de la información.				EVALUADOR1	EVALUADOR2	EVALUADOR3	EVALUADOR4	EVALUADOR5	EVALUADOR6	EVALUADOR7	V DE AIKEN
Preguntas	1	18. ¿Qué porcentaje cree Ud. que la organización aplica la metodología LEAN en sus procesos, siendo ninguno 0% y completamente 100%?				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
		G. Medios de comunicación de la información.				EVALUADOR1	EVALUADOR2	EVALUADOR3	EVALUADOR4	EVALUADOR5	EVALUADOR6	EVALUADOR7	V DE AIKEN
Preguntas	1	15. De los siguientes medios de difusión del conocimiento, ¿Cuáles medios de difusión del conocimiento utiliza la empresa?				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	2	15. De los siguientes medios de difusión del conocimiento, ¿Cuáles medios de difusión del conocimiento utiliza la empresa?				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	3	16. ¿Cuáles medios de tratamiento de datos dispone la empresa?				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	4	17. ¿Cuáles medios de seguridad de la información posee la empresa?				1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

Fuente: Elaboración propia de los autores.

6 Hipótesis

Con base a las preguntas de investigación y las definiciones conceptuales y operacionales de la variable establecida a saber: “implementación de la tecnología 4.0”, tomando como referencia a (Hernández y Mendoza, 2018) se propone la siguiente hipótesis de la investigación:

“El estado actual de implementación de las tecnologías 4.0 en las Pymes manufactureras de Bogotá es afectado por factores internos y externos”

De esta manera, el interés es evaluar a través del estado actual, qué limitaciones existen en la implantación y uso de las tecnologías 4.0 en las Pymes manufactureras de Bogotá a partir de los resultados recolectados de la encuesta implementada.

7 Metodología de la Investigación

Como ya se mencionó en el diseño preliminar de la investigación, esta será de tipo transversal y su alcance será exploratorio, este tipo de diseño es útil para “comenzar a conocer una variable o un conjunto de variables, una comunidad, un contexto, un evento, una situación. Se trata de una exploración inicial en un momento específico. Por lo general, se aplican a problemas de investigación nuevos o poco conocidos; además, constituyen el preámbulo de otros diseños, no experimentales y experimentales” (Hernández y Mendoza, 2018).

En efecto, en esta investigación se evaluó la implementación de tecnologías 4.0, y se buscó describir cuál es su estado actual en las empresas del sector manufacturero de Bogotá, tema poco estudiado del cual no se dispone de suficiente información actualizada.

7.1 Fases de la investigación.

7.1.1 Fase 1: Revisión documental

- Revisión documental del estado actual de implementación de las tecnologías 4.0 en la industria Pymes Colombianas.
- Análisis de información de fuentes confiables gubernamentales y privadas reconocidas.

7.1.2 Fase 2: Realizar el diagnóstico.

- Elaborar la encuesta basada en los resultados de los datos obtenidos del análisis de información de fuentes, con las variables obtenidas.
- Aplicar la encuesta para la recolección de la información necesaria en darle respuesta a las preguntas de la investigación.

7.1.3 Fase 3: Evaluar el nivel de utilización.

- Evaluar el nivel de utilización de las tecnologías 4.0 en las Pymes manufactureras, a través del análisis de la información recolectada de la encuesta realizada.
- Se pretende mostrar el impacto en las Pymes del sector manufactura de Bogotá que han implementado tecnologías 4.0 a través del análisis de resultados de la encuesta propia realizada.

7.1.4 Fase 4: Documentar resultados obtenidos.

- Documentar los resultados obtenidos en cuanto a la implementación de las tecnologías de la industria 4.0 en las Pymes manufactureras de Bogotá, así como las limitaciones presentes encontradas a través del análisis de los resultados obtenidos de la encuesta, así como el estado actual de implementación.

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

7.2 Población y muestra.

La industria manufacturera se encuentra en el grupo C de la Clasificación Industrial Uniforme adaptada a Colombia, conocida como CIIU Revisión 4 A.C. (DANE, 2019). Según datos de Confecámaras (2020), en el periodo enero-noviembre, 2020, existen en Bogotá un total de 53.309 MiPymes en el sector manufacturero, de las cuales 47.089 corresponden a las Microempresas, y 5762 corresponden a las Pymes, mientras que 458 pertenecen a las grandes empresas, véase la tabla 8:

Tabla 8
Empresas matriculadas y renovadas en Bogotá, 2019

Actividad económica	MICROEMPRESAS	PEQUEÑAS	MEDIANAS	GRANDES	Total
NO INFORMA	5,189	79	28	8	5,304
A. AGRICULTURA, GANADERÍA, CAZA, SILVICULTURA Y PESCA	4,644	1,240	572	145	6,601
B. EXPLOTACIÓN DE MINAS Y CANTERAS	1,074	330	198	165	1,767
C. INDUSTRIAS MANUFACTURERAS	47,089	4,644	1,118	458	53,309
D. SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD, GAS, VAPOR Y AIRE ACONDICIONADO	426	77	34	44	581
E. DISTRIBUCIÓN DE AGUA; EVACUACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, GESTIÓN DE DESECHOS Y ACTIVIDADES DE SANEAMIENTO AMBIENTAL	2,355	122	37	27	2,541
F. CONSTRUCCIÓN	19,134	3,689	1,309	477	24,609
G. COMERCIO AL POR MAYOR Y AL POR MENOR; REPARACIÓN DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES Y MOTOCICLETAS	137,328	9,494	2,404	761	149,987
H. TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO	11,428	1,789	534	178	13,929
I. ALOJAMIENTO Y SERVICIOS DE COMIDA	31,087	734	172	65	32,058
J. INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES	14,576	1,836	465	169	17,046
K. ACTIVIDADES FINANCIERAS Y DE SEGUROS	6,598	1,124	615	418	8,755
L. ACTIVIDADES INMOBILIARIAS	8,996	4,876	2,009	517	16,398
M. ACTIVIDADES PROFESIONALES, CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS	41,042	6,493	1,317	314	49,166
N. ACTIVIDADES DE SERVICIOS ADMINISTRATIVOS Y DE APOYO	17,480	2,045	613	200	20,338
O. ADMINISTRACIÓN PÚBLICA Y DEFENSA; PLANES DE SEGURIDAD SOCIAL DE AFILIACIÓN OBLIGATORIA	196	7	2	11	216
P. EDUCACIÓN	5,617	461	86	18	6,182
Q. ACTIVIDADES DE ATENCIÓN DE LA SALUD HUMANA Y DE ASISTENCIA SOCIAL	7,014	1,006	193	79	8,292
R. ACTIVIDADES ARTÍSTICAS, DE ENTRETENIMIENTO Y RECREACIÓN	6,052	357	77	21	6,507
S. OTRAS ACTIVIDADES DE SERVICIOS	17,151	177	31	18	17,377
T. ACTIVIDADES DE LOS HOGARES EN CALIDAD DE EMPLEADORES; ACTIVIDADES NO DIFERENCIADAS DE LOS HOGARES INDIVIDUALES COMO PRODUCTORES DE BIENES Y SERVICIOS PARA USO PROPIO	50	1			51
U. ACTIVIDADES DE ORGANIZACIONES Y ENTIDADES EXTRATERRITORIALES	8				8
Total	384,534	40,581	11,814	4,093	441,022

Fuente: Tomado de(Confecámaras, 2019).

Entendiéndose que una población o universo “es el conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones” (Hernández y Mendoza, 2018, p.174), y para este caso de investigación, donde la principal especificación es las Pymes manufactureras de Bogotá, se toma como valor de referencia 5762 Pymes registradas en la encuesta EAM de la DANE 2019 que concuerdan con las especificaciones y criterios requeridos de la DANE, (2019).

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

Tomando como referencia a Hernández y Mendoza (2018), para hallar una muestra se necesitarían varios elementos tales como:

N= tamaño de la población.

Z= Parámetro estadístico que depende del nivel de confianza,

e= Error de estimación máximo aceptado,

p= Probabilidad que ocurra el evento estudiado,

q=(1-p) Probabilidad que no ocurra el evento estudiado,

n= Numero de la muestra.

Según Martínez (2013, p.304), es posible calcular las poblaciones finitas de acuerdo con la siguiente expresión:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Con base a Hernández y Mendoza (2018), se puede utilizar un nivel de confianza de 95%, que permite un error del 5%, aceptable que representaría Z, aunado a lo expuesto por Martínez, (2013), se tendrá un valor de:

- Z = 1,96 para un 95% de confianza según Martínez (2013).
- N = 5762, que fueron tomados de la información de (Confecámaras, 2019).
- p y q = 50%, con p=0,5 y q=0,5., basados en (Hernández y Mendoza, 2018) se usa ese estimado para toma de muestras por primera vez asumiendo la probabilidad que ocurra p y no ocurra q, o (p + q=1) para que ambas tengan la misma probabilidad.
- e= 5% aceptable de error según (Hernández y Mendoza, 2018), para el caso de estudio no se requiere un n nivel de error tan crítico como lo sería un valor de 1% que implica mayor precisión.

Luego, se calcular el tamaño de la muestra necesaria a continuación:

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

$$n = \frac{5762 * 1,96^2 * 0,5 * 0,5}{(0,05)^2 * (5762 - 1) + 1,96^2 * 0,5 * 0,5}$$

Resolviendo la ecuación anterior, se obtiene:

$$n = 360,207 \approx 360 \text{ Pymes manufactureras de Bogotá.}$$

El resultado del cálculo para n , indica que el número necesario es de aproximadamente 360 Pymes manufactureras de Bogotá, con este valor, se podría incluso aplicar herramientas de recolección de datos como encuestas en caso de que fuese posible; sin embargo, basta conocer este valor comparativo que según (Hernández y Mendoza, 2018), es la muestra probabilística representativa de la población total de Pymes manufactureras de Bogotá. Es por ello que se ha escogido Bogotá como el principal enfoque o delimitación para realizar la investigación, dada la importancia de su aporte a la economía nacional, su ubicación, la participación comercial manufacturera de la zona, la repercusión de las operaciones y actividades (logísticas, culturales, industriales), así como el acceso a la información disponible (Hernández y Mendoza, 2018).

7.3 Instrumento: Procedimiento y técnicas.

El Instrumento que se utilizará será la encuesta diseñada a partir de las variables y documentación preliminar analizada, y será aplicada a la muestra poblacional descrita en la sección anterior utilizando la aplicación Forms de Microsoft.

7.3.1 Tipo de estudio.

Para obtener los datos más relevantes de la investigación, se realizará la encuesta mencionada y un análisis de la información disponible, haciendo uso de herramientas de búsqueda, para luego seleccionar, organizar y analizar el conjunto de producciones escritas que den respuesta a una o varias preguntas sobre el tema de estudio.

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

7.3.2 Técnicas de análisis.

Se realizó la recolección de la información de diversas fuentes de información en internet, bases de datos de fuentes reconocidas, trabajos previos relacionados al tema de la investigación, así como software de análisis de información y relación de datos (Vosviewer) y el método PRISMA (Prisma group, 2020) para la revisión sistemática y selección de archivos relacionados a la investigación para luego utilizar técnicas de Estadística descriptiva básica con el fin de comprobar la hipótesis.

8 Trabajo de campo.

8.1 Recolección de la información.

Para implementar la encuesta, se procede a definir primeramente el número de industrias a contactar. Haciendo uso de la información obtenida de Confecámaras (2020), Cámara de comercio de Bogotá (2022), y contrastando las bases de datos con la información de cada empresa en EMIS (2022), se procede a dividir las empresas por su actividad comercial como son: confección de prendas de vestir, mantenimiento especializado de maquinarias y equipo, elaboración y procesamiento de productos alimenticios, elaboración y procesamiento de sustancias químicas y medicinales, construcción.

Luego se ubica la información requerida de contactos, correo, teléfono, ubicación, de forma tal de constatar que dichas empresas se encuentran en el área de Bogotá, así como que son parte de las Pymes.

Se obtiene un listado de 1215 empresas como parte de la muestra del estudio, a las cuales se contactó vía correo electrónico y otros medios en algunos casos, dado el alcance de respuestas obtenidas no fue necesario visitas presenciales. Se explica claramente el contenido y razón de la encuesta, la confidencialidad de los datos, el no registrar ninguna información confidencial de las empresas, de forma tal de obtener una

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

mejor receptividad en función de la poca confianza que puede generar el suministrar datos sensibles.

Del total de 1215 empresas contactadas, se obtienen respuestas de 390 de ellas, durante el tiempo de aproximadamente 1 mes de trabajo continuo, donde amablemente se solicitaba el apoyo para completar la encuesta, cifra que es superior al mínimo requerido previamente de 360 en el cálculo de las muestras necesarias. En la tabla 9 se observa un resumen de la cantidad de empresas contactadas y respuestas obtenidas.

Tabla 9
Empresas contactadas y respuestas obtenidas

Actividad comercial.	Numero de empresas contactadas (solicitudes)	Respuestas obtenidas	Porcentaje de respuestas por empresa del sector	Porcentaje representativo del total de empresas
Textil	460	239	51.96%	20%
Elaboracion de productos alimenticios.	346	46	13.29%	3.8%
Mantenimiento especial de maquinarias y equipos.	173	52	30.06%	4.3%
Fabricacion de productos farmaceuticos y sustancias quimicas medicinales.	112	26	23.21%	2.1%
Fabricación de equipos	124	27	21.77%	2.2%
Total	1215	390		

Fuente: Elaboración propia de los autores

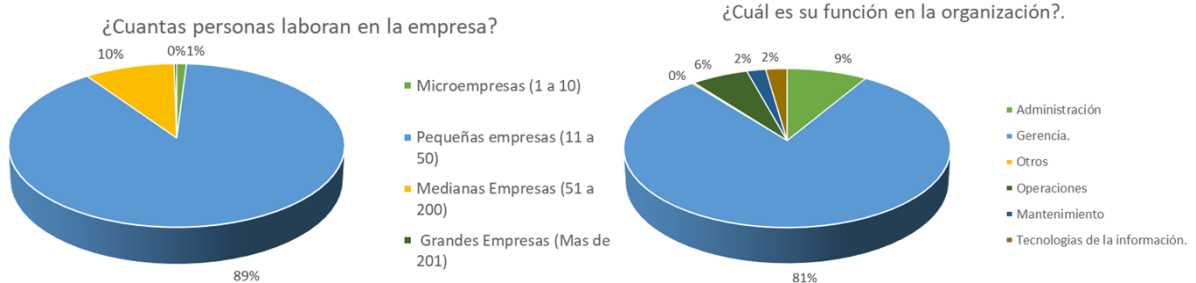
Al analizar la figura 17 (a) y manteniendo el estudio en línea con la hipótesis y objetivo del trabajo quedan fuera del análisis un total de 5 empresas correspondientes al 1% de la población encuestada, las cuales hacen referencia a las Microempresas (4) y Grandes empresas (1), es decir, solo un 99% de la población será tomada en cuenta para el análisis de los resultados y generar propuestas de mejoras. Otro punto por destacar de la muestra corresponde al rol o función de las personas involucradas, la cual corresponde en su mayoría áreas gerenciales y administrativas, punto que debe ser tomado en cuenta al momento de las propuestas de mejores, apenas un 10% de los

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

encuestados corresponde a la mano de obra final (Operaciones, mantenimiento, otros), figura 17 (b).

Figura 17

(a) Clasificación del tipo de empresa según el número de empleado (b) porcentaje correspondiente a el rol o función del encuestado en la empresa



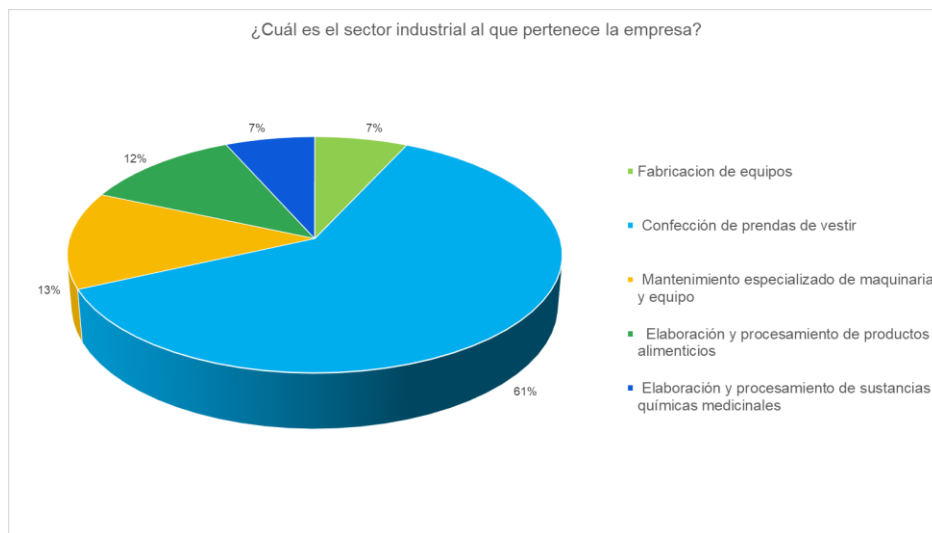
Fuente: Elaboración propia de los autores.

Por último, tal como se observa en la figura 18, se analiza el sector al cual pertenecen las empresas encuestadas. La industria con mayor participación correspondió a la confección de prendas de vestir (61%), seguido por el Mantenimiento de maquinaria y sector alimenticio, la menor participación en la encuesta fue de las industrias de elaboración y procesamiento de sustancias químicas y fabricación de equipos. Los porcentajes obtenidos van en línea al Desarrollo actual del mercado empresarial que ha caracterizado la industria colombiana en las últimas décadas, siendo la empresa textil la que representa una mayor cantidad de participantes.

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

Figura 18

Pregunta #2. ¿Cuál es el sector de la industria al que pertenece?



Fuente: Elaboración propia de los autores.

8.2 Análisis e interpretación de los resultados.

El análisis e interpretación de los datos obtenidos ha sido dividido en 7 secciones las cuales se listan y definen a continuación:

1. Conocimiento: preguntas relacionadas al conocimiento o desconocimiento de las tecnologías 4.0, nivel de conocimiento en caso de existir y el acceso a capacitación por parte de las organizaciones a sus empleados.
2. Implementación: preguntas relacionadas la implementación actual de las tecnologías 4.0 en cada una de las organizaciones encuestadas y percepción de la necesidad e implementación desde el punto de vista de los empleados.
3. Limitantes: preguntas relacionadas a las limitaciones que perciben los empleados en la implementación de las tecnologías 4.0, así como

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

comprender si el emprendedor colombiano entiende como hacer una implementación y los beneficios de esta para su organización.

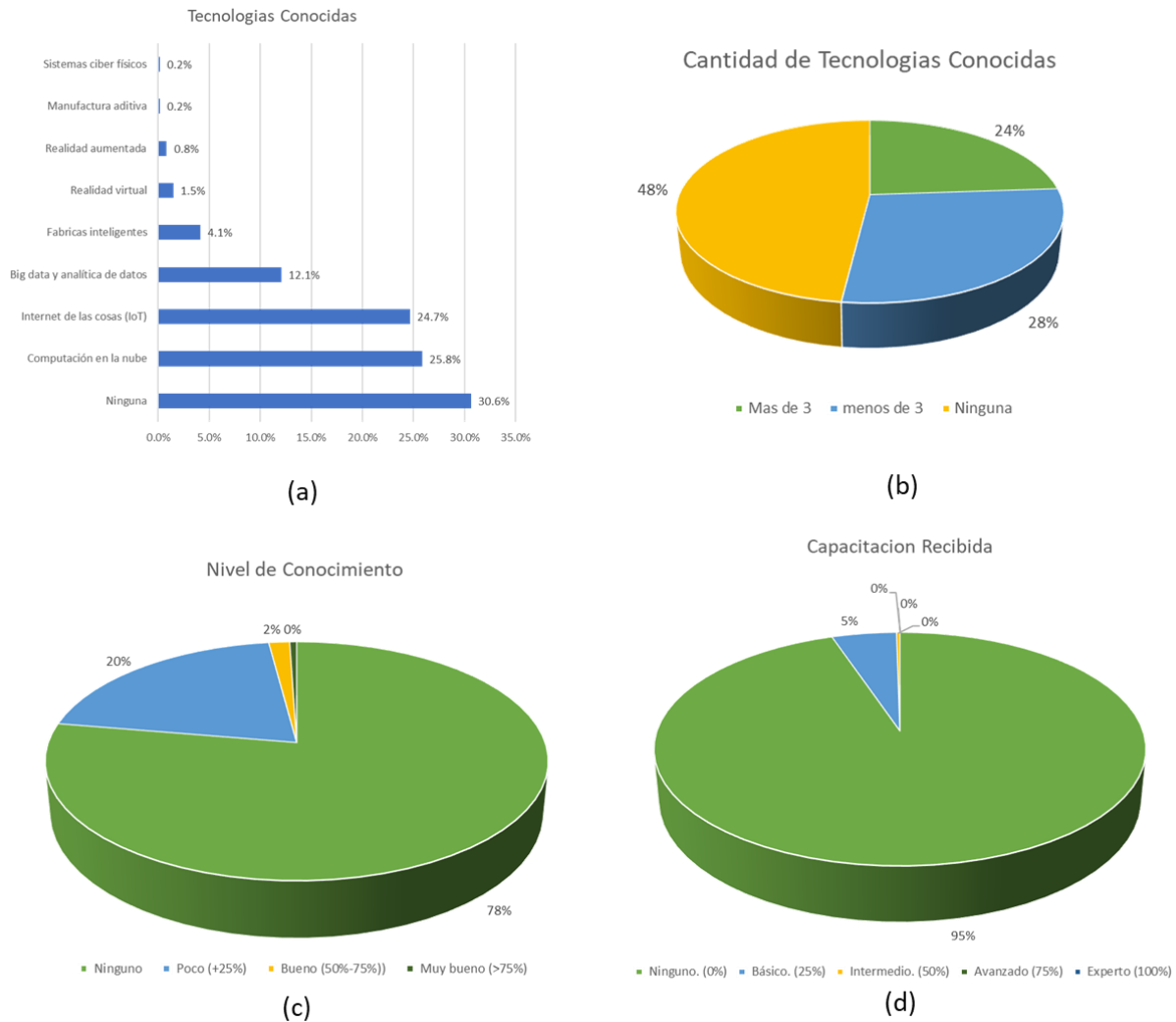
4. Plan de Inversión: Única pregunta relacionada a los planes de inversión que las empresas encuestadas tienen estipulados para la implantación de las tecnologías 4.0.
5. Comunicación: preguntas relacionadas a las herramientas de comunicación y difusión tanto externa como internas presentes hoy en días en las Pymes colombianas.
6. Seguridad de la información: preguntas relacionadas a herramientas de análisis y seguridad de las bases de datos y Sistemas de la empresa.
7. LEAN: Única pregunta relacionada a la implementación de la metodología LEAN en los procesos de la empresa.

8.2.1 Comunicación

Se inicia el análisis de la encuesta, verificando los datos relacionados al conocimiento de las tecnologías 4.0 y cuál ha sido la acción de las organizaciones para contrarrestar o mejorar conocimiento de sus empleados con respecto al uso y beneficio de las tecnologías.

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

Figura 19
Análisis del nivel de conocimiento de las tecnologías 4.0



Fuente: Elaboración propia de los autores

En la figura 19 (a), puede apreciarse que un 50% de los encuestados se encuentra familiarizado con los términos Internet de las cosas y computación en la nube, sin embargo, un alto porcentaje afirma desconocer sobre las tecnologías. Se contabiliza la cantidad de tecnologías conocidas por los encuestados, dividiéndolos en 3 grupos, figura

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

20 (b), aquellos que conocen 3 o más tecnologías, menos de 3 tecnologías o ninguna: 48% del total de encuestados no conoce ninguna tecnología, la mayoría de ellos en el área de Gerencia, un 28% conoce al menos 2, y apenas un 24% conoce más de 3 tecnologías. Para ahondar en el nivel de conocimiento, se analiza que tanto conoce o no las tecnologías 4.0, no es de sorprender que el 78% de los encuestados cuenta con muy poco o ningún conocimiento, apenas un 22% cuenta con conocimiento básico de las tecnologías en cuanto a concepto y manejo

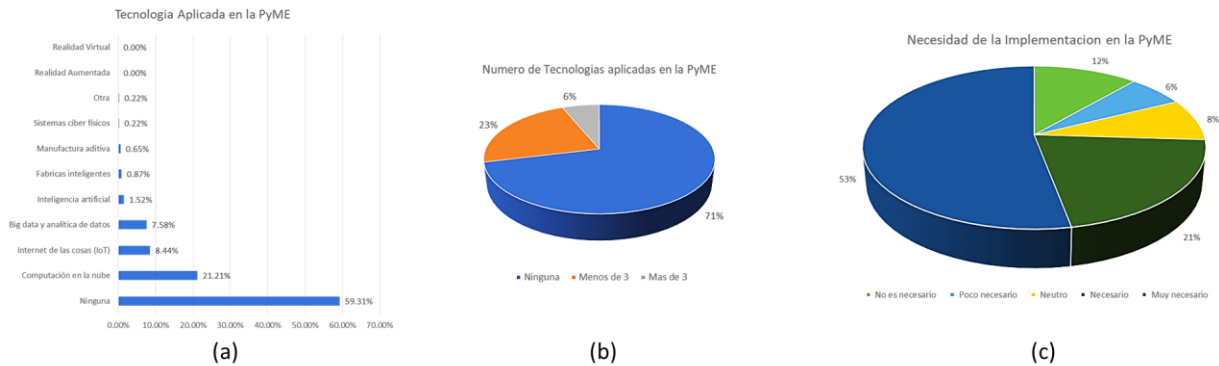
Por último, se analiza el compromiso de las organizaciones en la capacitación del personal, lamentablemente más del 90% de los encuestados no ha recibido ningún tipo de capacitación en las empresas donde laboran y apenas un 5% ha recibido capacitación básica sobre tecnologías 4.0, esto demuestra la falta de interés de la alta gerencia en la implementación de las tecnologías 4.0, siendo la principal causa el desconocimiento de los beneficios de una correcta implementación.

8.2.2 Implementación

La siguiente sección del análisis corresponde a la implementación actual de las tecnologías 4.0 y como es percibida su necesidad en las organizaciones por parte de sus empleados. En esta sección de la encuesta se procedió a consultar sobre las tecnologías aplicadas en las Pymes en sí.

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

Figura 20
Tecnologías Implementadas y su necesidad



Fuente: Elaboración propia de los autores.

Mas del 50% de las Pymes no cuenta con tecnologías 4.0 aplicadas en sus operaciones. Solo un 38% cuenta con la implementación de Big Data (8%), Internet de las cosas (9%) y manejo de cómputo en la nube 21%. Con base a las respuestas obtenidas en la figura 20 (b), se agrupa en 3 conjuntos la cantidad de tecnologías aplicadas en las operaciones de la Pymes, apenas un 23% cuenta con máximo 2 tecnologías implementadas y apenas un 6% con 3 o más tecnologías implementadas en sus operaciones. Aunque de la sección anterior puede concluirse rápidamente que el conocimiento y capacitación de los empleados en las tecnologías 4.0 es considerablemente bajo, la mayoría de los encuestados (74%) considera necesaria su implementación en las operaciones contra un 18% que no lo cree necesario (12%) o es poco necesario (6%) y un 8% que no ve mayor diferencia en su implementación o no, figura 21 (c).

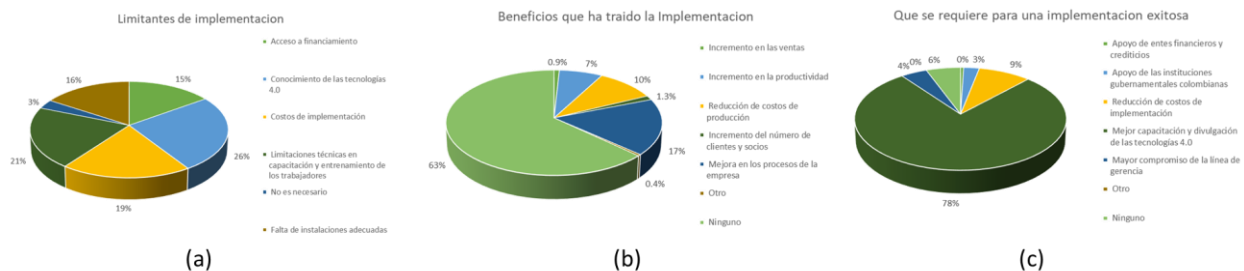
Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

8.2.3 Limitantes

La implementación de las tecnologías 4.0 en las Pymes colombianas no va a la par de las expectativas y evolución del mercado, por lo que es importante entender cuáles son las limitantes, y a su vez comprender si el emprendedor colombiano, específicamente en el área de Bogotá, entiende, sabe cómo hacerla y ve beneficiosa su implementación.

Figura 21

Consultas sobre la implementación de tecnologías 4.0: Limitantes (a), beneficios (b) y requerimientos (c)



Fuente: Elaboración propia de los autores.

Esta sección de la encuesta hace énfasis en conocer las limitantes que los encuestados perciben en la implementación de las tecnologías 4.0, en la figura 21 (a), la mayoría de los encuestados señala la falta de conocimiento y capacitación en el tema como principales factores limitantes, seguido de aquellos que atribuyen la limitación a temas monetarios, tales como: Acceso a financiamiento (15%) y costos de implementación (19%); solo un 3% de los encuestados comenta que la implementación definitivamente no es necesaria, y un 17% encuentra las condiciones de infraestructura en su empresa insuficiente en su implementación. Tomando como foco aquellas empresas que ya han implementado las tecnologías 4.0, se consultó sobre los beneficios que han aportado las tecnologías 4.0, sin ahondar en el 63% que no ve

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

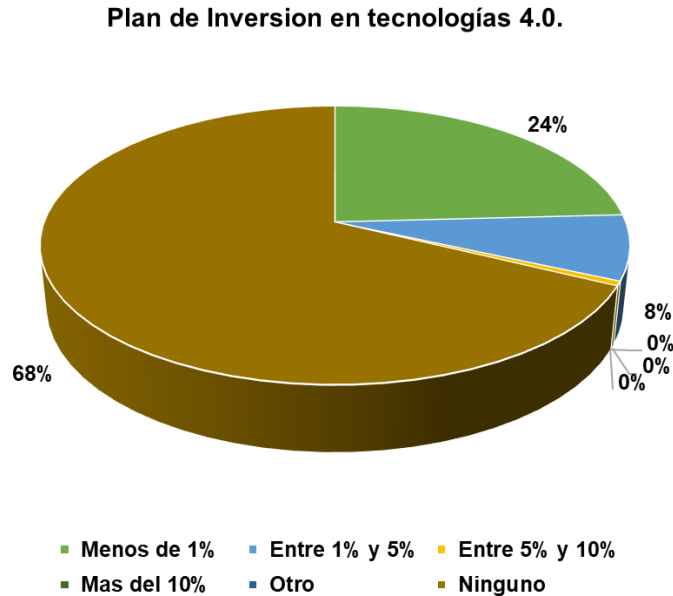
beneficio, muy probablemente por la falta de implementación; el análisis se enfoca en el 27% que apunta hacia el Incremento del número de clientes y socios, reducción en los costos de producción e incremento de la productividad como los principales beneficios, figura 21 (b).

Por último, la encuesta consulta cuales son los requerimientos de una implementación exitosa, tal y como se observa en la figura 22 (c), el 78% apunta a una mejor capacitación y divulgación de las tecnologías 4.0, mientras que un 18% apunta más al tema monetario: reducción de costos de implementación (9%), apoyo financiero y crediticio (6%) y apoyo de las instituciones gubernamentales (3) %.

8.2.4 Plan de inversión

El tema relacionado a los planes de inversión se analiza como una sección independiente, La respuesta a la pregunta relacionada a los planes de inversión de las organizaciones en la implantación de las tecnologías 4.0 se observa en la figura 22.

Figura 22
Resultados Pregunta #13



Fuente: Elaboración propia de los autores

Las Pymes colombianas no cuentan, en su mayoría, con planes de inversión en la implementación de las tecnologías 4.0, mientras que solo un 32% de ellas planea invertir entre el 1-5% de su presupuesto anual.

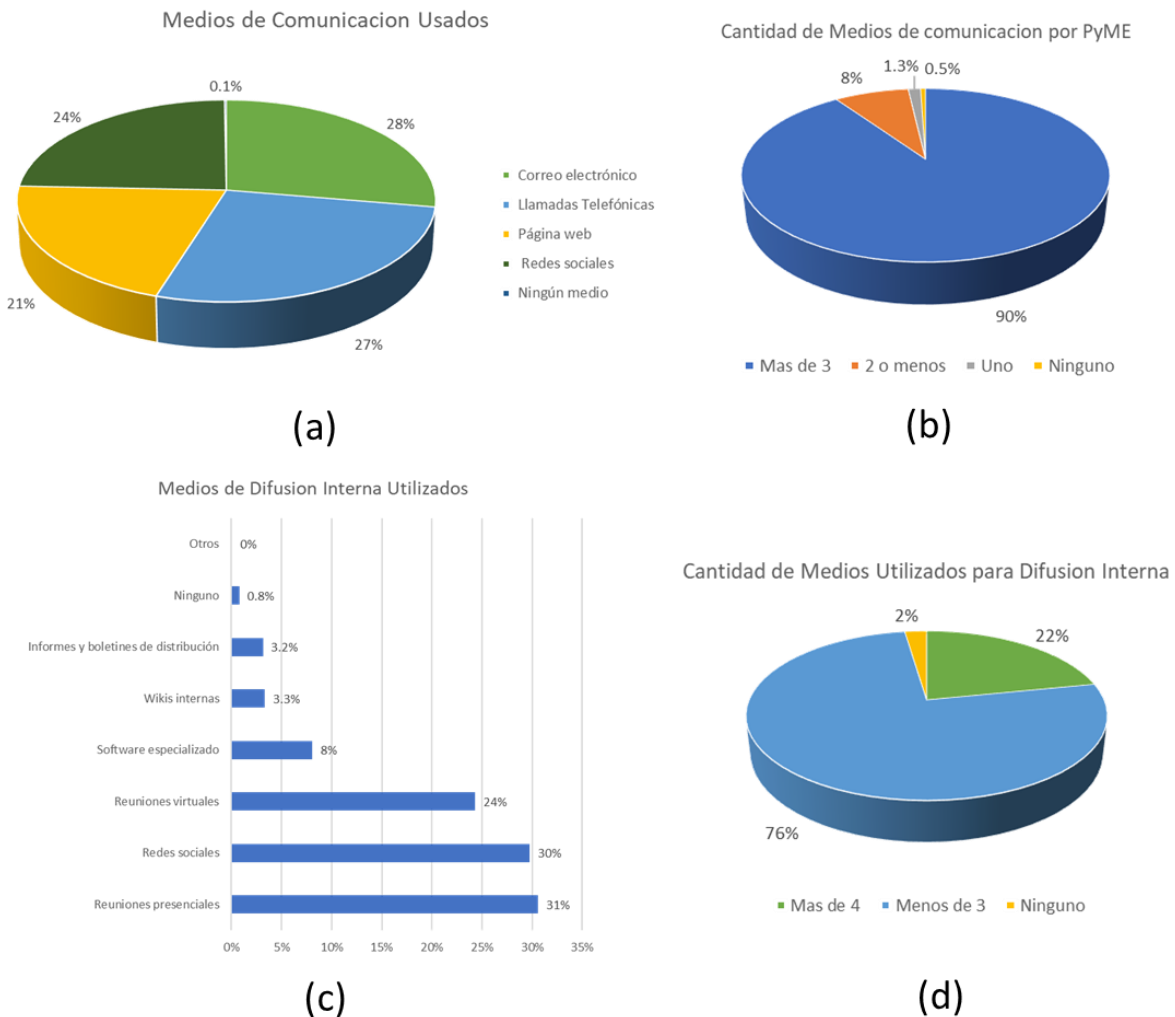
8.2.5 Comunicación

La siguiente sección de la encuesta se basó en conocer a detalles las herramientas tecnológicas presentes hoy en día en las Pymes colombianas para la comunicación y difusión tanto interna como externa. La primera consulta se enfocó en los medios de comunicación y difusión empleados, figura 23 (a). Se consultó a los encuestados por los medios de comunicación utilizados para obtener información de clientes y proveedores, todos los medios consultados se utilizan de manera similar, siendo el de mayor uso correo electrónico con y llamadas telefónicas. Según el análisis se dividieron las empresas en 4 grupos según la cantidad de medios que usan en

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

paralelo, arrojando como resultado que el 90% de los encuestados usa 3 medios o más para mantener la relación de comunicación con clientes y proveedores, figura 23 (b).

Figura 23
Análisis de los medios de comunicación y difusión



Fuente: Elaboración propia de los autores.

La siguiente consulta se enfocó en los medios de difusión, utilizados para la comunicación al interno de sus organizaciones, tal como se observa en la figura 23 (c),

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

los medios más utilizados para mantener a los miembros de la organización comunicados de los acontecimientos y movimientos de la empresa son las reuniones presenciales (31%), seguido por redes sociales (30%) y reuniones virtuales (24%), lo que favorece a una comunicación en ambos sentidos. Apenas un 15% ocurre a través de medios de un solo sentido como son informes y software especializados. De este análisis se agrupan a las Pymes según la cantidad de medios de difusión que usan en 3 grupos principales: aquellos con más de 4 medios de difusión en paralelo con el 76%, 3 o menos medios incluyendo aquellos que solo usan 1 medio con el 22%, y aquellos que no utilizan ningún medio de difusión interna, los cuales apenas representan el 2% de la población encuestada, figura 23 (d).

8.2.6 Seguridad de la información

La siguiente sección se enfoca en las herramientas de análisis y seguridad de las bases de datos y Sistemas de la empresa. A la fecha aún el 49% de los datos son analizados en las Pymes de manera manual, el 36% de las Pymes están utilizando software especializados y apenas un 13% está utilizando computo en la nube para este tipo de análisis, tal como se observa en la figura 24 (a). De igual manera, se agruparon las Pymes, según la cantidad de herramientas que utilizan para esta tarea, agrupándose en 4 grupos principales: las Pymes que no usan ningún tipo de herramienta para analizar sus datos (1%), las que usan una sola herramienta (22%), las que combinan dos herramientas (58%), generalmente alternando el tratamiento manual con alguna herramienta digital, y las que usan más de 3 herramientas en el proceso, figura 24 (b).

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

Figura 24
Análisis de las herramientas de analítica y protección de datos



Fuente: Elaboración propia de los autores.

Se consulto a los encuestados sobre las herramientas que las Pymes implementan para seguridad en la información como se observa en la figura 24 (a), las herramientas más utilizadas para salvaguardar el dato se basan en Antivirus y Firewall,

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

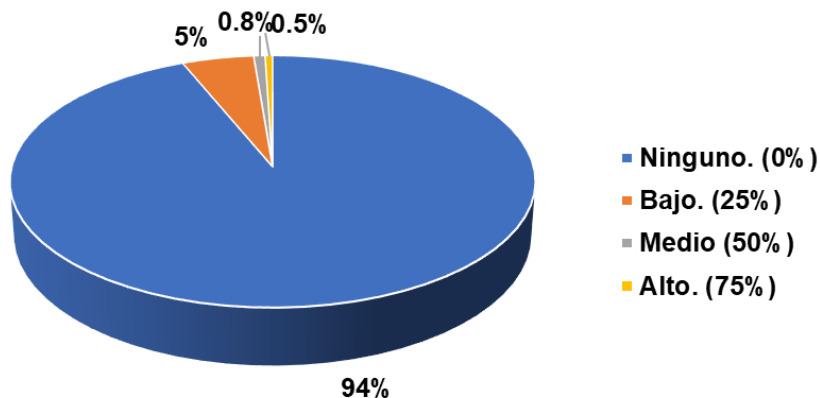
solo el 11% encripta sus datos y el 5% de la población no recurre a ningún medio de seguridad de la información, lo que demuestra una carencia en la seguridad cibernética de las pymes manufactureras de Bogotá , que los hace vulnerables a ataques y robo de información. Se agrupan las Pymes según la cantidad de herramientas que utilizan en 3 grupos: las que usan 2 o 1 medio (82%), los que usan más de 3 medios en simultaneo (9.4%) y ningún medio de seguridad de la información (8.8%), figura 24 (d)

8.2.7 LEAN

Por último, se procedió a consultar por la implementación de la metodología LEAN en los procesos de la organización.

Figura 25
Resultados Pregunta #18

Según su criterio, ¿En qué porcentaje se aplica la metodología LEAN en los procesos de la organización?



Fuente: Elaboración propia de los autores.

Se consultó a los encuestados, basados en su criterio, ¿En qué porcentaje se aplica la metodología LEAN en los procesos de la organización?, el 94% de los encuestados responde que no se aplica la metodología en su organización, el 5%

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

comenta que su aplicación es baja y menos del 2% considera que su aplicación va de media a alta como se aprecia en la figura 25.

8.3 Comprobación de la Hipótesis.

Del análisis e interpretación de resultados efectuado en la sección anterior se puede comprobar que *“El estado actual de implementación de las tecnologías 4.0 en las Pymes manufactureras de Bogotá es afectado por factores internos y externos”*, ciertamente es afectado por diversos factores, como reflejan los resultados de la encuesta, el 59,31% de las Pymes del sector manufacturero de Bogotá no posee ninguna tecnología instalada, entre los factores internos la falta de capacitación de las tecnologías es una limitante para su implementación con un 78%, 5% de las empresas ofrecen capacitación sobre el tema y 68% de las empresas no tiene planes de inversión en estas tecnologías. Mientras que, dentro de los factores externos, la financiación es una limitante con 15% y los costos de implementación representan un 19%. Por tanto, los factores internos y externos si afectan el estado actual de implementación de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá siendo los internos quienes representan un mayor porcentaje.

8.4 Discusión de resultados.

La primera parte del análisis efectuado corresponde al conocimiento en si de las tecnologías 4.0, actualmente casi la mitad de la población encuestada no conoce que son las tecnologías 4.0, y apenas un cuarto de la población conoce entre 2-3 de ellas. Al analizar el nivel de conocimiento se observa que es bastante básico y en una pequeña porción de la población encuestada. Esta falta de conocimiento se debe primeramente a la poca o nula capacitación y entrenamiento que las empresas dedican a esta área de tecnología, sin mencionar el poco enfoque en el tema de las instituciones educativas tanto a nivel técnico profesional como universitario.

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

Dado el nivel de conocimiento, no es de sorprender que el nivel de implementación de las tecnologías 4.0 sea tan bajo en las Pymes del sector manufactura en Bogotá, donde prácticamente las tres cuartas partes de la población admite que no se tiene ningún tipo de implementación en sus respectivas organizaciones. Sin embargo, consideran que su implementación definitivamente es necesaria.

Es fácil reconocer que la primera limitante es la falta de conocimiento en el sector manufacturero sobre el tema, y esta suposición se vio confirmada al constatar que el 46% de la población encuestada admite como primera limitante la falta de conocimiento y capacitación en el tema, un 95% la falta de entrenamiento por parte de la empresa, seguida por el tema monetario que implica la implementación de las tecnologías 4.0, ya sea desde el punto de vista de costos o financiación. Se evidencia además que en temas de planes presupuestales más de las tres cuartas partes de los entrevistados admite que no se encuentra dentro de su presupuesto la implementación de las tecnologías 4.0 en sus respectivas organizaciones.

Los flujos de trabajo actuales en las Pymes del sector manufactura de Bogotá siguen siendo arcaicos, el análisis de los datos se realiza principalmente de manera Manual como herramienta principal, y en algunos casos no se realiza ningún tipo de análisis en los datos que manejan las organizaciones, lo que claramente se ve evidenciado en la falta de estrategia de muchas Pymes cuyo ciclo de vida no va más allá de los 5 años. Mientras que la seguridad de la información es supremamente básica, haciéndolas susceptibles a ataques de los que es muy difícil recuperarse debido a su precaria infraestructura. A su vez el uso de medios de comunicación como redes sociales para la adquisición y difusión de conocimiento es común. Se observa que la mayor parte de las empresas está en el rango de pequeñas empresas, siendo principalmente un propietario quien se encarga de todas las funciones de administración en la organización, por lo tanto no tienen intención en realizar inversiones en nuevas tecnologías por el hecho de no ver el beneficio que podría recibir dado que tal como lleva el negocio se

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

mantiene funcionando la empresa aun con todas las deficiencias y las mejoras al respecto que puedan ofrecerle las tecnologías 4.0.

El problema claramente se debe a una falta de conocimiento de las tecnologías 4.0 en cuanto a su implementación y beneficios en pro a las estrategias de la organización hace difícil realizar un plan de inversión que permita optimizar los costos de implementación y mucho más difícil poder solicitar financiamiento a entes públicos o privados. Por lo que se propone como plan de acción primario iniciar campañas de conocimiento básico, tanto a nivel de operaciones como Gerencia, continuando con capacitaciones que faciliten el entendimiento de un plan de implementación y manejo de las mismas. Dichas capacitaciones pueden iniciarse con apoyo gubernamental a través de la Cámara de comercio, de manera de colocar el primer punto de arranque que permita seguir reforzando el conocimiento a la gerencia interna de las Pymes por medios propios.

9 Conclusión

Luego de procesar y analizar los resultados obtenidos en la encuesta implementada, se pudo obtener una visión actual del estado de implementación de las tecnologías 4.0 en las empresas del sector manufacturero de Bogotá.

El 59,31% de las Pymes manufactureras de Bogotá, no posee ninguna de las tecnologías 4.0 implementadas o en uso. El bajo nivel de implementación de estas tecnologías se basa principalmente en la falta de conocimiento (78% donde apenas el 5% de las empresas ofrece algún tipo de entrenamiento), beneficios (57.7% opina que puede aportar beneficios) y apoyos en la financiación (19%), así como la falta de infraestructuras adecuadas (17%) son las principales causas encontradas en la investigación.

El poco desarrollo observado en el uso de las tecnologías de la información (36% utiliza software especializado para la gestión y procesamiento de los datos), así como el uso de métodos manuales (49%) y el poco o ningún interés en la inversión en tecnologías 4.0 y tecnologías de la información que poseen las empresas del sector manufacturero (68% no prevé invertir en estas tecnologías), salvo pocas que han instalado algunas tecnologías (Computación en la nube 21.21% e internet de las cosas, 8,44%) y posee medios de protección de los datos e información (11% encriptado de datos, 48% antivirus, 27% firewall), sirve de indicador de la urgente necesidad de intervenir en este sector y buscar opciones de apoyo al crecimiento e integración de estas empresas a las tecnologías 4.0.

La difusión y acompañamiento, así como apoyo financiero de las empresas del sector manufacturero de Bogotá, permitirá que esta área fundamental en el desarrollo económico del país pueda ir creciendo y adaptándose a las innovaciones tecnológicas actuales. Para ello se requiere elaborar un plan de concientización, promoción, capacitación en estas tecnologías 4.0 y los beneficios que ofrecen, debe ser puesto en

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

marcha con el involucramiento y apoyo de los entes gubernamentales, organismos educativos como escuelas, universidades, cámaras de comercio organismos financieros, entre otros, permitirá un mayor éxito en este proceso.

9.1 Trabajo futuro.

Al culminar la investigación, se abren oportunidades de estudio de nuevas dudas que surgen a raíz de esta. En nuestro caso, el enfoque fue en las Pymes y solo se basó en conocer el estado de implementación, con lo cual se puede expandir a las empresas del sector Microempresas y generar estrategias que permitan incrementar la implementación de las tecnologías tomando como base el presente estudio, en el cual se recomienda planes de difusión para incrementar el conocimiento de las tecnologías 4.0 y el diseño de planes de inversión. Con base a esto, al evaluar el estado actual de implementación de las tecnologías 4.0 en las MiPymes permitiría conocer y comprender que hace falta para mejorar, implementar y hacer su respectivo seguimiento.

El plan de ruta para la implementación de estas tecnologías es otra oportunidad de investigación que se puede llevar a cabo, estableciéndose propuestas que permitan a las Pymes y MiPymes disponer de un documento que les sirva de guía a la hora de integrarse formalmente al uso de las tecnologías 4.0.

10 Referencias

- Amaral, A., & Peças, P. (2021). SMEs and industry 4.0: Two case studies of digitalization for a smoother integration. *Computers in Industry*, 125 doi: 10.1016/j.compind.2020.103333
- Amoozad Mahdiraji, H., Yafthyan, F., Abbasi-Kamardi, A., & Garza-Reyes, J. A. (2022). Investigating potential interventions on disruptive impacts of industry 4.0 technologies in circular supply chains: Evidence from SMEs of an emerging economy. *Computers and Industrial Engineering*, 174 doi: 10.1016/j.cie.2022.108753
- ANDI, (2020). Encuesta anual de transformación digital 2019. Recuperado de: <http://www.andi.com.co/Uploads/ANALISIS%20-%20ENCUESTA%20DE%20TRANSFORMACION%20DIGITAL%202019%20-%20ANDI.pdf>.
- ANDI, (2021). Balance 2020 y perspectiva 2021. Disponible en: http://www.andi.com.co/Uploads/Balance%202020%20y%20perspectivas%2021_637471684751039075.pdf.
- ANIF, (2020). Gran Encuesta Pyme Nacional 2020. Recuperado el 20 de marzo del 2000 de: <https://www.anif.com.co/encuesta-mipyme-de-anif/gran-encuesta-pyme-nacional/>.
- ANIF, (2021). Retos y oportunidades de las Pymes. Recuperado de: <https://www.anif.com.co/comentarios-economicos-del-dia/retos-y-oportunidades-de-las-pymes/>.
- Ávila-Bohórquez, J. H., & Gil-Herrera, R. J. (2022). Proposal and validation of an industry 4.0 maturity model for SMEs. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 15(3), 433-454. doi:10.3926/jiem.3673

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

Bharat Kumar Aggarwal, Ankur Gupta, Deepak Goyal, Pankaj Gupta, Bijender Bansal, Dheer Dhwanj Barak, (2022). A review on investigating the role of block-chain in cyber security. Recuperado de:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785321066244>)

Bhattacharya, A. Lang, N. Hemerling, J. (2020). Beyond the great. Boston consulting group. (2020).

Boston Consulting Group, (2021). Putting Industry 4.0 to work: Recuperado de:

[https://www.bcg.com/capabilities/manufacturing/industry-4.0.](https://www.bcg.com/capabilities/manufacturing/industry-4.0)

Boston consulting group. (2020). Man, and machine in industry 4.0. Internet link:

[https://www.bcg.com/industries/engineered-products-infrastructure/man-machine-industry-4.0.](https://www.bcg.com/industries/engineered-products-infrastructure/man-machine-industry-4.0)

Brozzi, R., Riedl, M., Matt, D., (2020) Key Readiness Indicators to Assess the Digital Level of Manufacturing SMEs (2020) Procedia CIRP, 96, pp. 201-206. DOI: 10.1016/j.procir.2021.01.075.

Cámara de comercio de Bogotá, (2019). Localización geográfica de la región Bogotá y Cundinamarca. Recuperado de: <https://opendatabogota.ccb.org.co/node>

Cámara de comercio de Bogotá, (2019). Encuesta Pyme. Recuperado de:

<https://opendatabogota.ccb.org.co/node/69>

Cámara de comercio de Bogotá, (2022) Empresas por sector económico en Bogotá.

Recuperado de: [https://opendatabogota.ccb.org.co.](https://opendatabogota.ccb.org.co)

Colombia productiva, (2020). 10 errores comunes en las PYMES que las hacen menos productivas. Disponible en: <https://www.colombiaproductiva.com/ptp->

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector
manufacturero de Bogotá.

[capacita/tips-de-productividad/diez-errores-comunes-en-las-pymes-que-las-hacen-me.](#)

Centea, D., Singh, I., Wanyama, T., Magolon, M., Boer, J., & Elbestawi, M. (2020).
Using the SEPT learning factory for the implementation of industry 4.0: Case of
SMEs. Paper presented at the *Procedia Manufacturing*, 45 102-107. doi:
10.1016/j.promfg.2020.04.079 Retrieved from www.scopus.com

CEPAL, (2013). Como mejorar la competitividad de las PYMES en la unión europea y
América latina y el caribe. Recuperado de:
https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3094/1/S2013021_es.pdf

Confecámaras. (2020). Dinámica de creación de empresas en Colombia.
Confecámaras, Red de Cámaras de Comercio. Enero-septiembre de 2019.

Confecámaras. (2022). Dinámica de creación de empresas en Colombia.
Confecámaras, Red de Cámaras de Comercio. Enero-septiembre de 2021.

Congreso de la república de Colombia, (2011). Artículo 43, ley 1450 del 2011.
Recuperado el 22 de marzo del 2021 de:
<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Normatividad/LEY14502011.pdf>.

DANE, (2020). Encuesta Anual Manufacturera. Disponible en:
<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/industria/encuesta-anual-manufacturera-enam>.

DANE, (2020). Productividad total de los factores (PTF). Recuperado de:
<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/productividad>.

DIAN, (2021). Resolución 00140 de 2021. Valor de la Unidad de Valor Tributario para el
2022. Disponible en:

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

<https://www.dian.gov.co/normatividad/Proyectosnormas/Proyecto%20Resoluci%C3%B3n%20000000%20de%2008-11-2021.pdf>.

Dossou, P. -, Torregrossa, P., & Martínez, T. (2022). Industry 4.0 concepts and lean manufacturing implementation for optimizing a company logistics flows. Paper presented at the *Procedia Computer Science*, 200 358-367. doi: 10.1016/j.procs.2022.01.234 Retrieved from www.scopus.com

Departamento nacional de planeación, DPN, (2019). 3975-Política nacional para la transformación digital e inteligencia artificial. Recuperado de: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3975.pdf>

Drohomeretski, E., Gouvea da Costa, S. E., Pinheiro de Lima, E., & Garbuio, P. A. da R. (2014). Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma: an analysis based on operations strategy. *International Journal of Production Research*, 52(3), 804–824.

Elhusseiny, H. M., & Crispim, J. (2021). SMEs, barriers and opportunities on adopting industry 4.0: A review. Paper presented at the *Procedia Computer Science*, 196 864-871. doi: 10.1016/j.procs.2021.12.086 Retrieved from www.scopus.com

EMIS, (2022). Colombia company profile. Internet link; <https://www.emis.com/php/company-profile/CO/main.html>.

Estensoro, M., Larrea, M., Müller, J. M., & Sisti, E. (2022). A resource-based view on SMEs regarding the transition to more sophisticated stages of industry 4.0. *European Management Journal*, 40(5), 778-792. doi: 10.1016/j.emj.2021.10.001

Fuentes, O. (2018). Tendencias empresariales que cambiarán el mundo en 2018. IEBS Business School.

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

- Ghadimi, P., Donnelly, O., Sar, K., Wang, C., & Azadnia, A. H. (2022). The successful implementation of industry 4.0 in manufacturing: An analysis and prioritization of risks in irish industry. *Technological Forecasting and Social Change*, 175 doi: 10.1016/j.techfore.2021.121394
- González, Y., Peñaranda, M. M., & Manzano, O. (2018). La estrategia del big data como factor clave de competitividad en las empresas. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 1(31), 57-65. DOI: 10.24054/16927257.v31.n31.2018.2765.
- Han, H., & Trimi, S. (2022). Towards a data science platform for improving SME collaboration through industry 4.0 technologies. *Technological Forecasting and Social Change*, 174 doi: 10.1016/j.techfore.2021.121242
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). Metodología de la investigación: las tres rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. In Mc Graw Hill (Vol. 1, Issue México).
- IBM, (2021). ¿Qué es Big data? Recuperado de: <https://www.ibm.com/cos/analytics/hadoop/big-data-analytics>.
- Industria conectada 4.0. (2020). La cuarta revolución industrial. Recuperado de: <https://www.industriaconectada40.gob.es>
- Jayashree, S., Reza, M. N. H., Malarvizhi, C. A. N., & Mohiuddin, M. (2021). Industry 4.0 implementation and triple bottom line sustainability: An empirical study on small and medium manufacturing firms. *Heliyon*, 7(8) doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e07753
- Järvenpää E., Lanz M. (2019) Lean Manufacturing and Sustainable Development. In: Leal W., Azeiteiro U., Azul A., Brandli L., Özuyar P., Wall T. (eds) Responsible

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

Consumption and Production. Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals. Springer.

Jimeno-Morenilla, A., Azariadis, P., Molina-Carmona, R., Kyratzi, S., & Moulianitis, V. (2021). Technology enablers for the implementation of industry 4.0 to traditional manufacturing sectors: A review. *Computers in Industry*, 125 doi: 10.1016/j.compind.2020.103390.

Joyner, I (2018). Emerging library technologies. Recuperado de; <https://doi.org/10.1016/C2016-0-05178-1>.

Joyanes, L. (2017). Industria 4.0. La cuarta revolución industrial. Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., México.

Joyanes, L. (2015). Sistemas de información de la empresa. Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., México.

Kolla, S., Minufekr, M., & Plapper, P. (2019). Deriving essential components of lean and industry 4.0 assessment model for manufacturing SMEs. Paper presented at the *Procedia CIRP*, 81 753-758. doi: 10.1016/j.procir.2019.03.189 Retrieved from www.scopus.com

Lopez, D. R., et al. (2020). Transformación digital para Pymes del sector manufacturero en Colombia. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10554/53185>.

Martínez, C. (2013). Estadística y muestreo. 13^a. Ed. Bogotá: Ecoe Ediciones, 2012.

McKinsey, (2020). Industry 4.0: Reimagining manufacturing operations after COVID-19. Disponible en: <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/industry-40-reimagining-manufacturing-operations-after-covid-19>.

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

MinCiencias, (2020). Colombia y la nueva revolución industrial. Propuestas del foco de tecnologías convergentes y el foco de industrias 4.0. Disponible en:

https://minciencias.gov.co/sites/default/files/colombia_y_la_nueva_revolucion_.pdf.

MINTIC, (2019). Aspectos básicos de la industria 4.0. Disponible en:

https://colombiatic.MINTIC.gov.co/679/articles-124767_recurso_1.pdf.

MINTIC, (2021). Estadísticas TIC. Disponible en:

<https://colombiatic.MINTIC.gov.co/679/w3-channel.html>.

Mittal, S., Khan, M. A., Romero, D., & Wuest, T. (2018). A critical review of smart manufacturing & industry 4.0 maturity models: Implications for small and medium-sized enterprises (SMEs). *Journal of Manufacturing Systems*, 49, 194-214. doi: 10.1016/j.jmsy.2018.10.005.

Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG; PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. Recuperado de: doi: 10.1136/bmj. b2535. PMID: 19622551; PMCID: PMC2714657.

Müller, J. M., Buliga, O., & Voigt, K. -. (2021). The role of absorptive capacity and innovation strategy in the design of industry 4.0 business models - A comparison between SMEs and large enterprises. *European Management Journal*, 39(3), 333-343. doi: 10.1016/j.emj.2020.01.002.

Nagles, N. (2020). Gestión de operaciones y alineación estratégica. Universidad EAN.

OECD, (2019). Presentación del estudio “Going digital in Colombia”. Disponible en:

<https://www.oecd.org/about/secretary-general/launch-of-going-digital-in-colombia-review-bogota-october-2019-sp.htm>.

OECD (2019), *Perspectivas de empleo de la OCDE 2019: El Futuro del Trabajo*.

Disponible en: <https://doi.org/10.1787/bb5fff5a-es>.

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

- Onu, P., & Mbohwa, C. (2021). Industry 4.0 opportunities in manufacturing SMEs: Sustainability outlook. *Materials Today: Proceedings*, 44, 1925-1930. doi: 10.1016/j.matpr.2020.12.095.
- Siemens (2020). Inteligencia artificial – Ejemplo práctico: Industria 4.0 y Smart Factory (fábrica inteligente). Internet link: <https://medienportal.siemens-stiftung.org/view/112847>.
- Siemens, (2020). Industria 4.0. Recuperado de: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/es/our-story/glossary/industry-4-0/29278>.
- Soni, G., Kumar, S., Mahto, R. V., Mangla, S. K., Mittal, M. L., & Lim, W. M. (2022). A decision-making framework for industry 4.0 technology implementation: The case of FinTech and sustainable supply chain finance for SMEs. *Technological Forecasting and Social Change*, 180 doi: 10.1016/j.techfore.2022.121686.
- Wilson, S. (2018). Understanding Bottlenecks: An Operations Management Experiential Learning Exercise. *Decision Sciences Journal of Innovative Education*, 16(3), 166–184.
- Yokogawa, (2022). Artificial Intelligence – Making technology intelligent. Recuperado de: <https://www.yokogawa.com/eu/solutions/featured-topics/digital-infrastructure-wiki/technologies/artificial-intelligence-making-technology-intelligent/>.
- Yokogawa. (2020). Digital transformation and process industries. Recuperado de: <https://www.yokogawa.com/library/videos/product-overviews/digital-transformation-in-process-industries/>.

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector
manufacturero de Bogotá.

Yokogawa. (2020). IIOT: The industrial Internet of Things. Recuperado de:

<https://www.yokogawa.com/eu/solutions/featured-topics/digital-infrastructure-wiki/architecture/the-industrial-internet-of-things/>

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

A. Anexo. Encuesta.

Encuesta “Estudio de la aplicación de las tecnologías 4.0 y su impacto en las Pymes Colombianas, caso sector manufactura en Bogotá”.

Aviso de confidencialidad de la información:

La información contenida en este documento es con fines netamente educativos. No se recolecta información confidencial de nombres, ubicación u otros datos críticos de empresas o personas. Para mayor información comunicarse con : Sedes: Ean Legacy: Carrera 11 No. 78-47 - Fundadores: Calle 79 # 11 - 45 - Av. Chile: Calle 71 # 9 - 84 Bogotá D.C., Cundinamarca, Colombia, Suramérica. Línea gratuita nacional: +57-01-8000-931000 Centro de contacto en Bogotá: +(57-601) 593 6161 - +(57-601) 593 6464 E-mail: informacion@universidadean.edu.co

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.



1. ¿Cuál es su función en la organización?. *

Seleccione una opción. *

- Gerencia.
- Operaciones
- Administración
- Mantenimiento
- Tecnologías de la información.
- Otro: _____

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

2. ¿Cuál es el sector industrial al que pertenece la empresa? *

Seleccione una opción. *

- a. Fabricación de equipos
- b. Confección de prendas de vestir.
- c. Mantenimiento especializado de maquinaria y equipo.
- d. Elaboración y procesamiento de productos alimenticios.
- e. Elaboración y procesamiento de sustancias químicas medicinales.

3. ¿Cuántas personas laboran en la empresa?. *

Seleccione una opción. *

- a. 1 a 10.
- b. 11 a 50.
- c. 51 a 200.
- d. Mas de 201.

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

4. ¿Cuáles de las siguientes tecnologías 4.0 conoce Ud.? *

Selecciones una o más según su criterio. *

- a. Internet de las cosas (IoT).
- b. Sistemas ciber físicos.
- c. Fabricas inteligentes.
- d. Big data y analítica de datos.
- e. Inteligencia artificial
- f. Realidad aumentada
- g. Realidad virtual.
- h. Computación en la nube.
- i. Manufactura aditiva.
- j. Ninguna
- Otro: _____

5. ¿Cuál es el nivel de conocimiento que tiene acerca de estas tecnologías?. *

Seleccione una opción. *

- 1. Ninguno. (0%)
- 2. Poco. (25%)
- 3. Bueno. (50%)
- 4. Muy bueno. (75%)
- 5. Excelente (100%)

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector
manufacturero de Bogotá.

6. ¿Ha recibido algún entrenamiento o capacitación en tecnologías de la industria 4 por parte de la empresa? *

Seleccione una opción. *

- a) Ninguno. (0%)
- b) Básico. (25%)
- c) Intermedio. (50%)
- d) Avanzado. (75%)
- e) Experto (100%)

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

7. ¿Cuál de estas tecnologías se encuentran actualmente aplicadas en su empresa? *

Selecciones una o más según su criterio. *

- a. Internet de las cosas (IoT).
- b. Sistemas ciber físicos.
- c. Fabricas inteligentes.
- d. Big data y analítica de datos.
- e. Inteligencia artificial
- f. Realidad aumentada
- g. Realidad virtual.
- h. Computación en la nube.
- i. Manufactura aditiva.
- j. Otra _____
- k. Ninguna

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

8. ¿Considera Ud. necesaria la implementación de estas tecnologías en su empresa? *

Seleccione una opción. *

- 1. No es necesario. (0%)
- 2. Poco necesario. (25%)
- 3. Neutro. (50%)
- 4. Necesario. (75%)
- 5. Muy necesario. (100%)

9. ¿Qué beneficios cree Ud. aportaría a su empresa la implementación de estas tecnologías?

- a. Incremento de la productividad.
- b. Incremento de la competitividad.
- c. Optimización de procesos dentro de la empresa
- d. Reducción de los defectos y desperdicios.
- e. Incremento de la calidad de los productos.
- f. Ninguno

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

10. ¿Que factor o factores representan para su empresa una limitación para implementar las tecnologías 4.0? *

Selecciones una o más según su criterio. *

- a. Acceso a financiamiento.
- b. Conocimiento de las tecnologías 4.0
- c. Costos de implementación.
- d. Limitaciones técnicas en capacitación y entrenamiento de los trabajadores.
- e. No es necesario.
- f. Falta de instalaciones adecuadas.

11. ¿Que beneficios le ha aportado la implementación de tecnologías 4.0 a su empresa? *

Selecciones una o más según su criterio. *

- a. Incremento en las ventas.
- b. Incremento en la productividad.
- c. Reducción de costos de producción.
- d. Incremento del número de clientes y socios.
- e. Mejora en los procesos de la empresa.
- f. Otro _____.
- g. Ninguno

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

12. ¿Qué cree Ud. que se requiere para implementar con éxito las tecnologías 4.0 * en su empresa?

Selecciones una opción. *

- a. Apoyo de entes financieros y crediticios.
- b. Apoyo de las instituciones gubernamentales colombianas.
- c. Reducción de costos de implementación.
- d. Mejor capacitación y divulgación de las tecnologías 4.0.
- e. Apoyo de los grandes sectores productivos (Grandes empresas, consorcios, etc.).
- f. Mayor compromiso de la línea de gerencia.
- g. Otro_____
- h. Ninguno.

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector
manufacturero de Bogotá.

13. ¿Qué porcentaje del presupuesto anual de la organización se planea invertir en estas tecnologías 4.0? *

- a. Menos de 1%.
- b. Entre 1% y 5%
- c. Entre 5% y 10%.
- d. Mas del 10%.
- e. Otro _____
- f. Ninguno.

14. ¿Qué medios utiliza para obtener información de clientes y proveedores? *

Selecciones una o más según su criterio. *

- a. Correo electrónico.
- b. Llamadas Telefónicas.
- c. Página web.
- d. Redes sociales.
- e. Ningún medio.

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

15. De los siguientes medios de difusión del conocimiento, ¿Cuáles utiliza la empresa? *

Selecciones una o más opciones según su criterio. *

- a. Software especializado.
- b. Reuniones presenciales.
- c. Reuniones virtuales.
- d. Informes y boletines de distribución.
- e. Wikis internas.
- f. Redes sociales.
- g. Otro _____
- h. Ninguno.

16. ¿Cuáles medios de análisis de datos dispone la empresa? *

Selecciones una o más opciones según su criterio. *

- a. Software especializado.
- b. Software basado en la nube (cloud computing)
- c. Tratamiento manual.
- d. Otro _____
- e. Ninguno.

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

17. ¿Cuáles medios de seguridad de la información posee la empresa?

Selecciones una o más opciones según su criterio. *

- a. Antivirus.
- b. Firewall.
- c. Encriptado de datos.
- d. Políticas o estándares de seguridad de la información.
- e. Niveles de acceso a la información restringidos.
- f. Otro _____
- g. Ninguno.

18. Según su criterio, ¿En qué porcentaje se aplica la metodología LEAN en los procesos de la organización?

Seleccione una opción. *

- 6. Ninguno. (0%)
- 7. Bajo. (25%)
- 8. Medio (50%)
- 9. Alto. (75%)
- 10. Completamente. (100%)

Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.

Aviso confidencialidad de la información.

La información contenida en este documento es con fines netamente educativos. No se recolecta información confidencial de nombres, ubicación u otros datos críticos de empresas o personas. Para mayor información comunicarse con : Sedes: Ean Legacy: Carrera 11 No. 78-47 - Fundadores: Calle 79 # 11 - 45 - Av. Chile: Calle 71 # 9 - 84 Bogotá D.C., Cundinamarca, Colombia, Suramérica. Línea gratuita nacional: +57-01-8000-931000 Centro de contacto en Bogotá: +(57-601) 593 6161 - +(57-601) 593 6464 E-mail: informacion@universidadean.edu.co